

ZF dankt allen Kunden für die nette Verpackung! Mal sehen, was für Sie drin ist?!

Dann zeigen wir Ihnen einmal, was ein Fahrzeug Spannendes in sich birgt: die Antriebs- und Fahrwerktechnik nämlich. Und die stammt bei vielen bekannten Marken von ZF, einem der weltweit größten Zulieferer der Branche. Was das für Sie als Ingenieur/-in bedeutet? Bei uns entwickeln Sie schon heute die Technik für die Fahrzeuge von morgen: in einem Team von 60.000 Kolleginnen und Kollegen, das als Innovationspartner und Problemlöser anspruchsvoller Kunden den Ruf eines Technologieführers genießt. Erleben Sie ein erfolgreiches Stiftungsunternehmen, das Ihre Leistung anerkennt und in dem interessante Aufgaben und Eigenverantwortung zum Tagesgeschäft gehören.

Arbeiten Sie sich zu uns vor auf:

www.zf.com

Antriebs- und Fahrwerktechnik



ISSN 1619-9812

AUSGABE 2011/2012

HTWG-FORUM DAS FORSCHUNGSMAGAZIN DER HOCHSCHULE KONSTANZ



HOCHSCHULE
KONSTANZ
TECHNIK, WIRTSCHAFT
UND GESTALTUNG

AUSGABE 2011/2012 ISSN 1619-9812

FORUM

Das Forschungsmagazin der Hochschule Konstanz

TECHNIK WIRTSCHAFT GESTALTUNG

10 Jahre Forschungsmagazin Forum



LENKEN SIE IHRE ZUKUNFT IN NEUE BAHNEN.

Als Technologieführer im Bereich Lenksysteme und Massivumformung ist ThyssenKrupp Presta Steering innovativer Partner der Automobilindustrie. Wir bringen Ideen auf die Strasse und sorgen täglich dafür, dass Millionen von Fahrzeugen sicher in der Spur bleiben. An weltweit 16 Standorten denken wir Technik weiter. Was unsere mehr als 4'000 Mitarbeiter dabei täglich verbindet: Dynamik, Innovationsfreude – und Leidenschaft für das Automobil. Steigen Sie bei uns ein und lenken Sie Ihre berufliche Entwicklung in neue Bahnen:

www.thyssenkrupp-presta.com



ThyssenKrupp Presta Steering



wetter.com

WEBENTWICKLER
Praktikant/in
gesucht!
Jetzt bewerben

Im Internet und den neuen Medien zu Hause?
Dann sind Sie bei uns genau richtig!

Mit einem **studienbegleitenden Praktikum** bei der wetter.com AG lernen Sie ein innovatives und zukunftsorientiertes Medienunternehmen kennen.

BEWERBEN SIE SICH FÜR EIN PRAXISSEMESTER!

Ihr Profil

- ▷ Kenntnisse in HTML, PHP, MySQL, JavaScript und Webdesign-Basiswissen
- ▷ Kompetenzen in Microsoft Office, sehr gute Internetkenntnisse
- ▷ Erfahrungen mit redaktionellen Inhalten und Recherchen
- ▷ Teamfähigkeit
- ▷ Lernbereitschaft
- ▷ Eigeninitiative und Verantwortungsbewusstsein
- ▷ Sie bringen sich gerne ein und haben Spaß an der Arbeit

Wir bieten Ihnen

- ▷ Einen vielseitigen, modernen Arbeitsplatz in einem zukunftsorientierten Unternehmen
- ▷ Gute Bezahlung
- ▷ Zeitraum nach Absprache
- ▷ Eine freundliche Arbeitsatmosphäre
- ▷ Eine anspruchsvollen und verantwortungsvollen Tätigkeit
- ▷ Die Möglichkeit zur kreativen Umsetzung eigener Ideen
- ▷ Ständig wechselnde Aufgaben und Anforderungen
- ▷ Teamarbeit > Hierarchie

Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen senden Sie bitte an:

wetter.com AG

Werner-von-Siemens-Str. 22 | D-78224 Singen
T +49 (0) 7731 838- 0 | F +49 (0) 7731 838- 19

Gerne auch via E-Mail an: jobs@wetter.com

MARKEN DER WETTER.COM AG



HOCHSCHULE KONSTANZ

VORWORT

Gunter Voigt, Vizepräsident Forschung

NEUER TRIBOLOGISCHER PRÜFSTAND UND DESSEN MARKTPOTENZIAL

Paul Gümpel, Florian Leu, Armin Walter und Marco Werschler

STUDIENANGEBOT

Bachelor- und Master-Studiengänge

EXPERTEN

Expertenprofile der Professorinnen und Professoren

TECHNIK

S3L-INVERTER: EFFIZIENZSTEIGERUNG BEI ELEKTRISCHEN ANTRIEBEN UND REGENERATIVER ENERGIEGEWINNUNG

Manfred Gekeler, Eduard Herrmann, Christian Wirth

HOCHAUFLÖSENDE FARB-3D-MESSTECHNIK

Bernd Jödicke, Trendafil Ilchev

A COMPARATIVE ANALYSIS OF NAT HOLE PUNCHING

Daniel Maier, Oliver Haase, Jürgen Wäsch, Marcel Waldvogel

HIGH RESOLUTION OPTICAL PROFILOMETRY BASED ON HETERODYNE INTERFEROMETRY

Ruven Spannagel, Thilo Schuldt, Claus Braxmaier

VOM SUCHEN UND FINDEN DER RELEVANTEN TRAININGS- DATEN: EIN BOOTSTRAPPINGANSATZ IN DER UNIVERSALEN STEGANALYSE

Pham Hai Dang Le, Matthias Franz

REDUKTION DER STRAHLUNGSINTENSITÄT VON GSM- MOBILFUNK-BASISSTATIONEN IN WOHNGBIETEN

Wolfgang Skupin, Simon Zeller

WIRTSCHAFT

- 4 STRATEGISCHE FÄHIGKEITEN IN TECHNOLOGIE-
UNTERNEHMEN DES MITTELSTANDES 64
Guido H. Baltes, Jérôme Gard, Michael Röller

- 6 ABSICHERUNG MIT INVERSEN ETFs 72
Leo Schubert

- 13 OPTIMIERUNG VON TOTAL COST OF OWNERSHIP DIENSTLEIS-
TUNGEN IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU 78
Stefan Schweiger, Kathrin Dressel, Birgit Pfeiffer

14

GESTALTUNG

- ZUR GESCHICHTE DER GESTALTUNG VON BRÜCKENBAUTEN 84
Cengiz Dicleli

HOCHSCHULE KONSTANZ

- PROJEKTE 90

IMPRESSUM

Herausgeber:

Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung
Vizepräsident Forschung, Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt (v.i.S.d.LPrG.)
www.htwg-konstanz.de ©Hochschule Konstanz

Redaktion:

Dipl.-Ing. FH Andreas Burger MBA, Referent für Forschung & Entwicklung

Fotos:

Archiv, privat, B. Troll + A. Selbach, A. Grützner + J. Flöter,
Titelfoto: Herausgeber des 1. FORUM Magazin – Prof. Dr. Paul Gümpel

Anschrift:

HTWG FORUM, Hochschule Konstanz, Brauneggerstraße 55,
D-78462 Konstanz, Tel. +49 (0)7531 206-325, Fax +49 (0)7531 206-436,
burger@htwg-konstanz.de

Satz und Anzeigenverwaltung:

Hohentwiel Verlag & Internet GmbH,
Dr.-Andler-Str. 28, D-78224 Singen, Tel. 0 77 31/9 12 31-0, Fax 0 77 31/9 12 31-30
www.hohentwielverlag.de, info@hohentwielverlag.de

Druck und Weiterverarbeitung:

Kessler Druck + Medien, D-86399 Bobingen
gedruckte Auflage: 5.000 Exemplare, ISSN 1619-9812, Ausgabe 2011/2012;
Internetausgabe: ISSN 1611-3748

VORWORT

Prof. Dr. Gunter Voigt, Vizepräsident Forschung

FORUM – Das Forschungsmagazin der Hochschule Konstanz erscheint zum zehnten Mal! Zehn Dokumentationen zu Leistungen in Angewandter Forschung an der Hochschule Konstanz. Wesentlich angeregt und konzipiert von dem damaligen Prorektor der Fachhochschule Konstanz, Herrn Prof. Dr. Paul Gümpel; finanziert über Unternehmen, die die Angewandte Forschung unterstützen wollen; mit wissenschaftlichen Beiträgen aus allen Fakultäten der Hochschule. FORUM gibt damit einen guten Überblick über Qualität und fachliche Breite der Angewandten Forschung an der HTWG. FORUM war eines der ersten Forschungsmagazine von Fachhochschulen in Baden-Württemberg. Professorinnen und Professoren nutzen gerne die Möglichkeit, im FORUM zu publizieren, Ergebnisse zu präsentieren und Forschungskompetenzen zu dokumentieren.

FORUM wird auch genutzt, um neue Strukturen der Angewandten Forschung darzustellen und zu kommunizieren. So wurden in den letzten Jahren Forschungsschwerpunkte in einem hochschulweiten Prozess definiert und mit struktureller Unterstützung angefordert. Die Forschung an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften ist dynamisch, Institute werden gegründet und vergehen auch. In diesem Jahr wurde das „Centrum für internationale Terminologie und angewandte Linguistik – CiTaL“ geschlossen. Das entsprechende Forschungsgebiet konnte personell aus der Hochschule heraus nicht nachhaltig besetzt werden. Dem langjährigen Leiter des CiTaL, Herrn Prof. Dr. Wolfgang Thomassen, gebührt Dank für sein Engagement und Glückwunsch für die Erfolge, die mit CiTaL erreicht werden konnten.

Das kürzlich gegründete „Institut für Systemdynamik – ISD – Konstanz“ hat seine Arbeit aufgenommen. Es befasst sich mit der Verknüpfung von Aufgaben der Messwertaufnahme, der Verarbeitung der generierten Signale und der Ansteuerung bzw. Regelung dynamischer Systeme. Übergeordnet besteht in verschiedensten Bereichen der Bedarf, mit den zu entwickelnden bzw. verwendeten Algorithmen und Verfahren Optimalität zu gewährleisten. Das Institut dient der Forschung und Entwicklung in den Bereichen Regelungstechnik, Signalverarbeitung und Optimierung dynamischer Systeme, wobei die Themengebiete von der Akustik über die Mechatronik und Robotik bis hin zum Energiemanagement reichen.

Promotionen von Nachwuchswissenschaftlern aus Projekten an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften erfolgen in Kooperation mit Partneruniversitäten. Zur systematischen Qualitätssicherung und um Nachwuchswissenschaftler, die das Ziel einer Promotion verfolgen, in einer erkennbaren Gruppe zusammenzuführen, wurde an der HTWG Konstanz in diesem Jahr ein Kooperatives Promotionskolleg gegründet. In das Kolleg aufgenommen werden Forscher aus drittmittelfinanzierten Projekten ebenso wie

Stipendiaten. Ein eigenes Stipendiensystem wurde eingerichtet, erste Unternehmenszuwendungen hierzu sind vorhanden. Hierfür möchte ich mich bei den Unterstützern ganz herzlich bedanken. Lehrangebote, die die Forschungsarbeiten begleiten, wurden für die Mitglieder im Kooperativen Promotionskolleg etabliert.

FORUM ist finanziert durch Unternehmen. Ich bedanke mich für die Unterstützung durch die Inserenten und wünsche den Lesern viele Erkenntnisse bei der Lektüre.

WIR SUCHEN HOCHSCHULABSOLVENTEN/ -ABSOLVENTINNEN



Astrion ist das führende europäische Unternehmen bei Weltraumtechnologien. Als eine 100-prozentige Tochtergesellschaft der EADS ist das Unternehmen auf zivile und militärische Raumfahrtssysteme und Dienstleistungen spezialisiert. Im Jahr 2010 erreichte Astrion einen Umsatz von 5 Milliarden € und beschäftigte mehr als 15.000 Mitarbeiter in Frankreich, Deutschland, Großbritannien, Spanien und den Niederlanden. Das Kerngeschäft gliedert sich in drei Bereiche: Astrion Space Transportation für Trägerraketen und Weltraum-Infrastrukturen, Astrion Satellites für Satelliten und Bodensegmente sowie Astrion Services für umfassende End-zu-End- und Mehrwert-Lösungen bei Sicherheits- und kommerzieller Satellitenkommunikation und Netzwerken, Equipment für Hochsicherheits-Satellitenkommunikation, maßgeschneiderte Produkte und Dienstleistungen für Geo-Informationen sowie weltweite Dienstleistungen für Navigation.

EADS ist ein weltweit führendes Unternehmen der Luft- und Raumfahrt, im Verteidigungsgeschäft und den dazugehörigen Dienstleistungen mit einem Umsatz von € 45,8 Mrd. im Jahr 2010 und fast 122.000 Mitarbeitern. Zu EADS gehören die Divisionen Airbus, Astrion, Cassidian und Eurocopter.

Wir suchen kreative Mitarbeiter, die bereit sind, anspruchsvolle Aufgaben zu übernehmen und die im Team über ihre Fachaufgaben hinausblicken. Sie sollen das im Studium erlangte Wissen bei der Entwicklung von Raumfahrzeugen anwenden und erweitern.

Relevante Studiengänge:

- Elektrotechnik & Informationstechnik
- Informatik
- Maschinenbau
- Wirtschaftswissenschaft
- Physik

Mögliche Studienschwerpunkte:

- Nachrichten- & Kommunikationstechnik
- Elektrische Energietechnik
- Automatisierungs- & Informationstechnik
- Wirtschaftsingenieurwesen
- Systems Engineering
- Mechatronik

Freude an der Arbeit in einem international orientierten Umfeld, Lernbereitschaft und gute englische und evtl. französische Sprachkenntnisse sind für uns ebenso selbstverständlich wie Eigenmotivation, Kundenorientierung und Ehrgeiz.

Suchen Sie eine Aufgabe mit Freiräumen und Gestaltungsmöglichkeiten? Dann liegt es an Ihnen, sich mit uns in Verbindung zu setzen. Informationen zu Einstiegsmöglichkeiten finden Sie unter:
<http://www.astrion.eads.net>

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!
Bitte bewerben Sie sich über unser E-Recruiting-Tool.



Astrion GmbH
Personalabteilung
88039 Friedrichshafen

www.astrion.eads.net

All the space you need



AN EADS COMPANY

TECHNOLOGIETRANSFER: NEUER TRIBOLOGISCHER PRÜFSTAND UND DESSEN MARKTPOTENZIAL

Paul Gümpel, Florian Leu, Armin Walter und Marco Werschler



**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c.
Paul Gümpel**

Vertritt die Fachgebiete
Werkstoffkunde, Werkstoff-
prüfung und Oberflächentechnik an der HTWG
Konstanz in Forschung und Lehre.

Field of activity: materials science, materials
testing and surface engineering in research and
testing at the University of Applied Sciences in
Konstanz, Germany



M. Eng. Florian Leu

Hat das Masterstudium
Mechanical Engineering and
International Sales Manage-
ment an der HTWG Konstanz erfolgreich abge-
schlossen. Zeitgleich war er wissenschaftlicher
Mitarbeiter im Labor für Werkstoffprüfung der
HTWG Konstanz mit Forschungsschwerpunkt
„Alternativen zu den klassischen nichtrostenden
Stählen.“ Zuvor absolvierte er sein Bachelor-
studium im Maschinenbau, Fachrichtung
Produktions- und Fertigungstechnik an der
DHWB Stuttgart.



Armin Walter

ist gelernter Maschinenme-
chaniker mit Weiterbildun-
gen. Herr Walter ist Firmen-
gründer und VR-Präsident der walter&bai ag.



Marco Werschler

ist Student im Bachelorstu-
diengang MKE. Zeitgleich
nimmt er am Trainee-
programm des Unternehmens IMS Gear teil
und arbeitet als Laborassistent im Labor für
Kunststofftechnik an der HTWG Konstanz.

1 EINLEITUNG

Bei der Lebensdauerberechnung eines Wälzlagers, der Auslegung eines Gleichstrommotors als auch bei der Konstruktion des Lesekopfes einer Festplatte, in nahezu jedem Bereich der Technik spielen Reibung und der daraus resultierende Verschleiß eine tragende Rolle. Besonders problematisch sind bei allen Anwendungen die Berechnung bzw. die Vorhersage des Einflusses, welchen die Reibung und der Verschleiß auf das betrachtete System haben [1].

Daher stützt sich die Auslegung solcher tribologischer Systeme meist auf empirisch ermittelte Reib- und Verschleißkennwerte. Am Institut für Werkstoffsystemtechnik ist in Zusammenarbeit mit der walter&bai ag ein Prüfstand entwickelt worden, der speziell für die tribologische Untersuchung von Wälz- und Gleitbeanspruchung ausgelegt ist. Bei der Entwicklung ist neben den versuchs- und den messtechnischen Anforderungen auch besonders auf die mittels Umfragen und Marktanalyse ermittelten Bedürfnisse potenzieller Anwender eingegangen worden. Das Ergebnis dieser Zusammenarbeit ist das „Two-Discs-Tribometer“ (Abb. 2).

2 GRUNDKONZEPT DES PRÜFSTANDES

Der Prüfstand soll neben Grundlagenforschung im Bereich der Tribologie hauptsächlich für eine zeitgeraffte Simulation von Anwendungen im Bereich der Wälzlager und Verzahnungen verwendet werden. Ein großer Vorteil besteht darin, das komplette System mit allen wichtigen Einflussfaktoren, mit unterschiedlichen Konfigurationen kostengünstig und schnell zu simulieren ohne dabei aufwendige und zu meist teure Prototypen herstellen zu müssen. Reibung und Verschleiß sind von vielen unterschiedlichen Faktoren und deren Wechselwirkung abhängig, daher muss ein tribologisches System immer im Ganzen betrachtet werden. Ein solches System besteht dabei stets, wie in Abb. 1 dargestellt,

aus Grundkörper, Gegenkörper, Zwischenstoff und Umgebungsmedium.

In einer simulierenden Prüfung muss das tribologische System der jeweiligen Anwendung möglichst realitätsnah und mit allen wichtigen Einflussgrößen nachgebildet werden, damit die Ergebnisse des Prüfstandes später auf den Anwendungsfall übertragbar sind. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wird das zu simulierende System analysiert und die Betriebsbedingungen sowie relevante Eigenschaften werden erfasst. Für die im Fall des Two-Discs-Tribometers zu untersuchenden Wälz- und Gleitbelastungen sind das:

- Material und Oberfläche
- Hertz'sche Pressung
- Relativgeschwindigkeit
- Überrollfrequenz
- Lastkollektiv
- Zwischenstoff (Schmierung)
- Umgebung

3 AUFBAU

Der für die Umsetzung der aufgezählten Anforderungen entwickelte Prüfstand ist in Abb. 2 und schematisch in Abb. 3 dargestellt.

Das Kernstück bilden dabei die beiden scheibenförmigen Probekörper, in Abb. 3 grün dargestellt. Jede Probe sitzt dabei auf einem eigenen Antriebsstrang, bestehend aus Antriebswelle mit Spindellagerung und Servomotor mit Planetengetriebe. Mittels einer speziellen Passschraube mit konischer Zentrierfläche werden die jeweiligen Probekörper auf der Antriebswelle zentriert und fixiert. Die Verdrehsicherung er-



ABB. 1: Tribologisches System

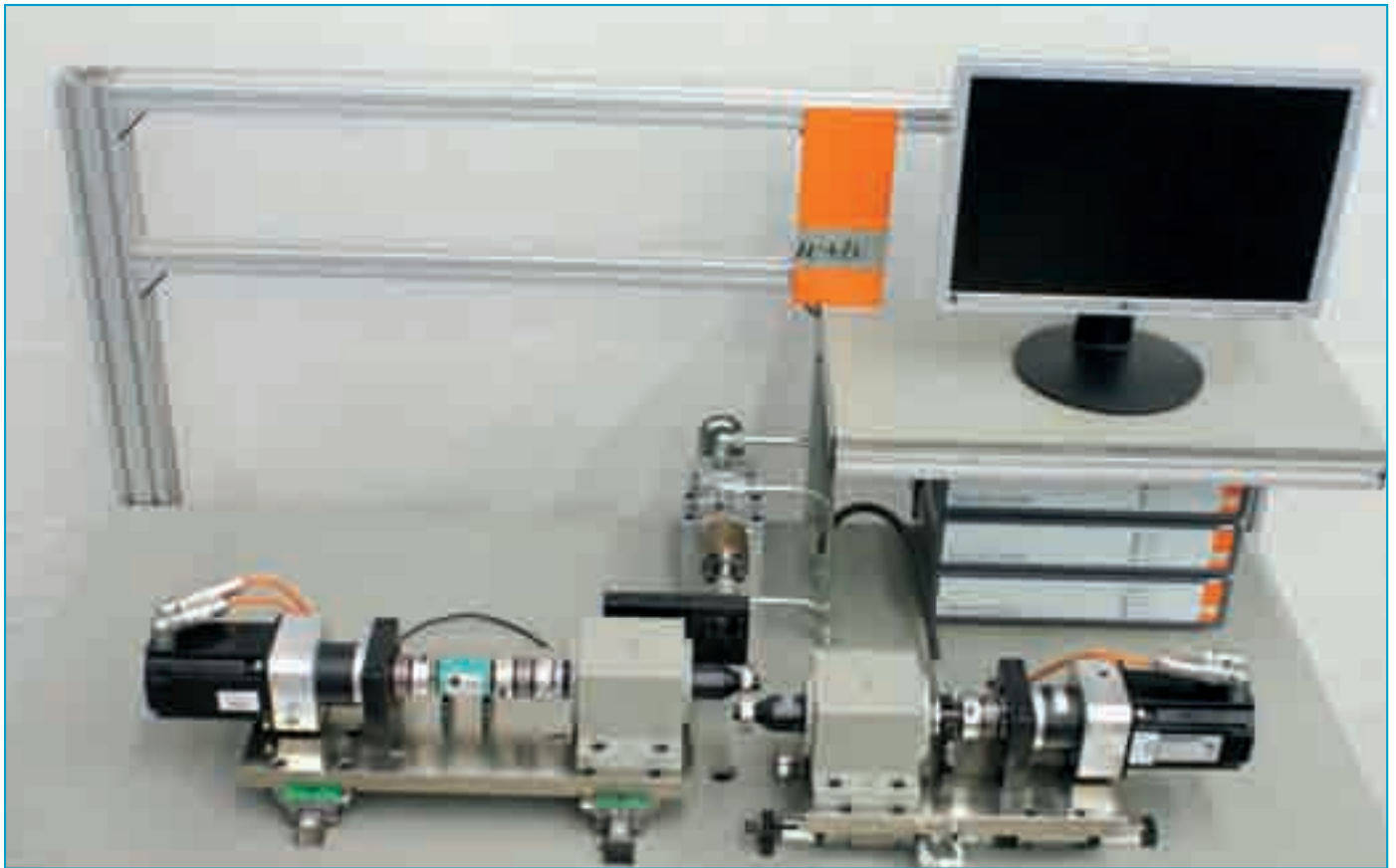


ABB. 2: Two-Discs-Tribometer

folgt dabei sowohl durch einen Reibschluss der Passung zwischen Probekörperbohrung und Passschraubenaußendurchmesser als auch durch die Pressung zwischen den beiden Zentrierflächen. Jeder der beiden Antriebsstränge ist auf einem Schlitten montiert. Die beiden Schlitten sind über Linearführungen mit der Grundplatte verbunden, welche die Baugruppen des Prüfstandes aufnimmt. Die jeweiligen Antriebsstränge ermöglichen unterschiedliche Bewegungen. Strang 1 ermöglicht eine radiale Verstellung der Proben zueinander. Die Zustellung erfolgt dabei hydraulisch mit einer maximal möglichen Kraft von 2000 N. Die hierbei erzeugte Kraft entspricht der Normalkraft im Reibkontakt. Strang 2 kann in axialer Richtung verschoben werden, um die Position bzw. die Länge der Kontaktfläche zwischen den Proben festzulegen. Um ein Verschieben der Probekörper während eines laufenden Versuches in axialer Richtung zu vermeiden, kann der Schlitten des zweiten Strangs über eine hydraulische Klemme blockiert werden. Mittels der beiden unabhängig voneinander regelbaren Servomotoren lassen sich die Proben sowohl gleichsinnig als auch gegenläufig zueinander drehen. Dies ermöglicht sowohl die Simulation ei-

ner reinen Wälzbewegung als auch einer reinen Gleitbewegung sowie Überlagerung der beiden Bewegungsarten.

Die Herstellung der Proben erfolgt idealerweise mit den gleichen Prozessschritten, wie sie auch bei der Herstellung der originalen Anwendungsteile eingesetzt werden. Dabei können neben unterschiedlichen Materialien auch verschiedene Fertigungsverfahren sowie Nachbehandlungen und deren Einfluss auf das tribologische System getestet werden. Bei der Herstellung der Probekörper ist auf eine hohe Rundlaufgenauigkeit zu achten, dadurch können unnötige Messwert-schwankungen vermieden werden.

Die notwendige hertz'sche Pressung wird zum einen über die hydraulisch aufgebrachte Zustellkraft und zum anderen über die Geometrie der Proben definiert. Je nach Ausprägung und Kontaktart werden die Proben dabei, wie in Abb. 4 gezeigt, zylindrisch oder mit einer bestimmten Balligkeit auf der Mantelfläche ausgeführt.

Im Zusammenhang mit der Überrollfrequenz und der Gleitgeschwindigkeit werden die Drehzahl und die Außendurchmesser der Proben ausgelegt. Drehzahl, Probendurchmesser und Gleitgeschwindigkeit sind direkt voneinander abhängig und können in einem breiten Feld variiert werden. Die Prüfmaschine bietet daher

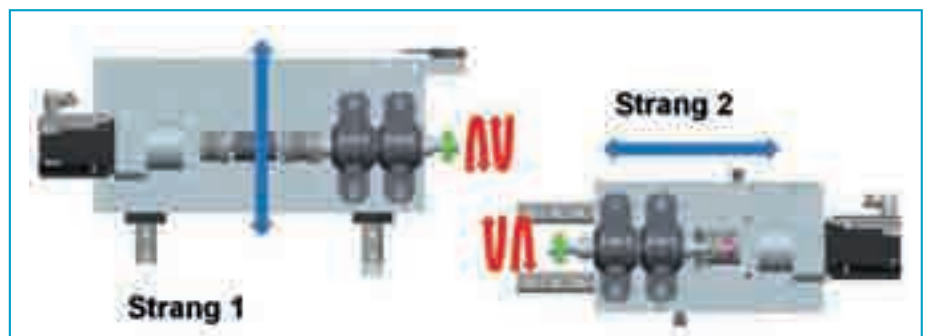


ABB. 3: Two-Discs-Tribometer der HTWG

sehr universelle Möglichkeiten, reale Systeme möglichst exakt im Versuch zu simulieren.

Für die Applikation des Zwischenstoffes auf die Probekörper stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung. Für eine Minimalmengenschmierung reicht das Auftragen des Schmierstoffes auf die Probekörper. Festkörperschmierung kann ebenfalls durch direktes Auftragen oder durch einen Schmierstift erreicht werden. Um eine Tauchbad-, Sprühnebel- oder Umlaufschmierung mit einem niederviskosen Schmiermedium zu erreichen, wurde ein spezieller Behälter konzipiert, der die Probekörper gegen die Umgebung abdichtet. Zudem besteht damit die Möglichkeit, über eine Pumpe und dafür vorgesehene Anschlüsse und Düsen eine umlaufende Schmierung oder eine Sprühnebelschmierung zu realisieren. Außerdem verfügt der Behälter über Leitgeometrien, mit denen eine definierte Schmierfilmdicke für höher viskose Schmierstoffe erreicht wird.

Die Temperatur der späteren Einsatzumgebung kann zurzeit nur bei einer Ölschmierung (Tauchbad- oder Umlaufschmierung) über die Temperierung des Ölkreislauf nachgebildet werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, über zusätzliche Isolierungen am Schmierstoffbehälter und die bereits dafür vorhandenen Anschlüsse klimatisierte Luft in den Schmierbehälter zu leiten. Die Einstellung von Temperatur und Feuchte kann dabei durch eine ebenfalls am Institut für Werkstoffsystemtechnik vorhandene Klimakammer erreicht werden.

4 MESSTECHNIK UND STEUERUNG

Der Prüfstand ist mit einer Reihe von Sensoren ausgerüstet, um den mess- und regelungstechnischen Anforderungen gerecht zu werden. Für die spätere Analyse der Ergebnisse wird die hydraulisch aufgebrachte Anpresskraft mittels einer Kraftmessdose erfasst. Das Reibmoment,

welches durch die Normalkraft und die Drehbewegung der Proben entsteht, wird mit einer Drehmomentmesswelle überwacht und aufgezeichnet. Die Position des radial verschiebbaren Schlittens wird durch eine im Hydraulikzylinder integrierte Wegmessung erfasst. Da sich die Belastung der zu prüfenden Paarungen je nach Messaufgabe deutlich unterscheiden kann und daher auch Normalkraft und resultierendes Reibmoment stark in ihren Dimensionen schwanken, müssen die Messbereiche entsprechend angepasst werden. Zu diesem Zweck wurden die Kraftmessdose und die Drehmomentmesswelle jeweils aus einer Baureihe ausgewählt, welche identische Schnittstellen und Baumaße aufweisen, jedoch mit unterschiedlichen Messbereichen zur Verfügung stehen. Die Sensoren sind demnach schnell austauschbar und können an den aktuell benötigten Lastfall angepasst werden. Damit ist gewährleistet, dass die Fehlerabweichung der Messwerte möglichst gering gehalten wird.

Die Steuerung des Prüfstandes erfolgt über die DION Prüfsoftware der walter&bai ag. Die Software wurde speziell an den Prüfstand angepasst, um die Drehzahl der beiden Servomotoren und die Anpresskraft des Hydraulikzylinders exakt zu regeln und in einen programmierbaren Prüfablauf integrieren zu können. Die Drehzahlen der beiden Antriebe und die Anpresskraft werden durch das 3-kanalige Mess- und Regelsystem PCS-8000-3 im geschlossenen Regelkreis geregelt. Die gewünschten Prüfabläufe können frei programmiert und gespeichert werden. Alle Messwerte werden am Bildschirm numerisch und grafisch angezeigt und können in gewünschten Zeitintervallen während des Versuches zur Weiterverarbeitung gespeichert werden.

den. Ein großer Vorteil der angepassten Software ist ein nahezu vollständig automatisierter Versuchsablauf. Dadurch können Fehlerquellen durch manuelle Bedienung weitgehend ausgeschlossen werden.

5 PROBENKÖRPER

Bei der Gestaltung von Grundkörper und Gegenkörper ist zu beachten, dass nicht nur der Werkstoff von besonderer Bedeutung ist, sondern auch jegliche Form der Bearbeitung und Behandlung, welche zu einer Änderung der Werkstoff- oder Kontaktflächeneigenschaften führt, einen Einfluss auf das tribologische Verhalten ausübt. Neben offensichtlichen Einflüssen, wie dem Aufbringen einer Beschichtung können auch schon geringe Änderungen in der Oberflächentopographie, beispielsweise auf Grund der Verwendung eines anderen Fertigungsverfahrens, zu deutlich abweichenden Ergebnissen führen. Zudem müssen technologische Einflussgrößen wie beispielsweise der Parametereinfluss beim Einsatzhärten von Stahl berücksichtigt werden.

Über die Kontaktart (Punkt oder Linie), welche aus der Oberflächengeometrie von Grund- und Gegenkörper resultiert, und über die einwirkende Kraft kann der zweite wichtige Parameter zur Charakterisierung und Simulation von tribologischen Systemen ermittelt werden, die hertz'sche Pressung. Mit diesem Wert und der daraus resultierenden Verformung kann die Belastung des Werkstoffes von der Geometrie des realen Bauteils gelöst und auf die Probekörper übertragen werden. Die Ausbil-



ABB. 4: Unterschiedliche Probengeometrien



ABB. 5: Schema der Reibwertermittlung

der hertz'sche Pressung und daraus resultierend der Kontaktfläche kann sich durch eine überlagernde Relativbewegung (Abweichung von reinem Abwälzen hin zu Abwälzen mit Schlupf) stark verändern. Beispielsweise bei Schneckenradgetrieben tritt neben dem Abwälzen der Zahnflanken aufeinander zusätzlich eine Gleitbewegung quer zur Wälzrichtung auf.

Eine Besonderheit des Two-Discs-Tribometer der HTWG ist die Option, ein Überrollverhältnis zwischen Grund- und Gegenkörper einzustellen. Damit können Zahnradpaarungen mit Untersetzung oder Wälzlager mit Punkt- und Umlauf-lasteinbau praxisorientierter simuliert werden. Die Analyse des für das tribologische System vorgesehenen Lastkollektives ist ebenfalls von Bedeutung. Es muss gewährleistet sein, dass die Temperatur des Prüfstandversuches nicht über den bei der realen Anwendung vorliegenden Wert ansteigt. Die maximale Temperatur an den Kontaktflächen ist dabei meist nur in geringem Umfang von der Umgebungstemperatur abhängig, sondern wird vielmehr von der Erwärmung durch die auftretende Reibarbeit bestimmt. Da Zeit- und Kostenersparnis zwei der Hauptgründe für die Simulation von Systemen sind, ist die Abbildung eines Lebensdauerlastkollektives oft nicht in gleichem Maßstab möglich. Das durch die Zeitraffung der Simulation im Gegensatz zum Anwendungsfall auftretende verzerrte Verhältnis zwischen Belastung und Pausenzeit kann einen gravierenden Einfluss auf das tribologische System

haben. Zudem ist darauf zu achten, dass bei Anfahrbewegungen andere Belastungen und somit andere Reib- und Verschleißzustände auftreten.

Der Zwischenstoff bzw. die Schmierung des

Systems sollen im optimalen Fall zu einer vollständigen Trennung der Reibpartner führen. Da sowohl die Art des Zwischenstoffes (Feststoff, Flüssigkeit, Gas) als auch die hertz'sche Pressung und die Gleitgeschwindigkeit eine wichtige Rolle auf das Verhalten des Zwischenstoffes während der Belastung haben, sollte hier möglichst die originale Schmierung des Systems verwendet werden. Wichtig ist dabei, dass eventuelle Additive wie z.B. Feststoffschmierkörper in einem Schmierfett eventuell an das Größenverhältnis zwischen Probekörper und spätere Anwendung angepasst werden.

Die Umgebung des Systems übt einen Einfluss auf das tribochemische Verhalten aus. Im Falle eines gekapselten Systems spielen meist nur die Temperatur der Umgebung und deren Einfluss auf Grund- und Gegenkörper sowie auf das Zwischenmedium eine Rolle. Bei einem offenen System müssen zusätzlich korrosive Stoffe, die über die Umgebung in das System gelangen können, berücksichtigt werden.

6 AUSWERTUNG

Für die Auswertung eines Versuches stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Über den Prüfstand selbst werden die Daten des Reibmomentes, der Normalkraft und des Verschleißbetrages gespeichert.

Aus der Normalkraft F_N , dem Reibmoment M_B und dem Probenradius R lässt

sich gemäß Abb. 5 und Formel 1 der Reibwert des untersuchten Systems ermitteln:

$$\mu = \frac{M_B}{F_N \cdot R} \quad (1)$$

Die Entwicklung des Reibwertes kann damit über das gesamte Lastkollektiv ermittelt und ausgewertet werden. Sowohl das Einlaufverhalten als auch der konstante Bereich bis zum Auftreten von stärkeren Verschleißerscheinungen können damit erkannt und zeitlich zugeordnet werden. Außerdem können über die Wegerfassung des radial verschiebbaren Schlittens der Verschleißbetrag bzw. die Abnutzung der Probekörper über den gesamten Versuchsablauf erfasst und zugeordnet werden.

Neben den prüfstandeigenen Auswertungsmöglichkeiten stehen im Rahmen des Instituts für Werkstoffsystemtechnik auch noch weitere Methoden zur Verschleißanalyse und Oberflächencharakterisierung zur Verfügung. Die wichtigsten Verfahren sind dabei die Raster-Elektronenmikroskopische (REM-) Untersuchung und die 3D-Mikroskopie sowie die Bestimmung der Oberflächenrauheit. Eine zusätzliche einfache Methode zur Bestimmung des Verschleißes ist die Messung der Probengewichte vor und nach dem Versuch. Für eine aussagekräftige Untersuchung eines tribologischen Systems müssen die wichtigsten Daten wie Oberflächentopographie und Härte sowohl vor als auch nach dem Test vermessen werden. Die Erfassung von diesen Daten während des Testes ist gegebenenfalls auch möglich, sollte jedoch, um ungewollte Einflüsse zu vermeiden, nur in gesonderten Messreihen durchgeführt werden.

7 ANFORDERUNGEN DES MARKTES AN DAS TWO-DISCS-TRIBOMETER

Zur Bestimmung des Bedarfs für einen derartigen Prüfstand in ausgewählten Zielmärkten sowie zur Evaluation der Anforderungen an den Prüfstand in den einzelnen Zielgruppen, wurde über das 2-Scheiben Tribometer eine Marktumfrage durchge-

führt, welche aufschlussreiche Ergebnisse über potenzielle Zielgruppen sowie die möglichen Einsatzgebiete für das Tribometer liefern sollte.

Für die Marktumfrage wurden zunächst die auf Basis des Prüfprinzips möglichen Einsatzfelder für den Prüfstand evaluiert. Dabei wurde deutlich, dass mit dem Tribometer sowohl gleitende als auch wälzende Bewegungen sowie die Beanspruchung von Schmierstoffen simuliert werden müssen. Daher ergeben sich Anwendungsfelder in den verschiedensten Branchen wie beispielsweise dem Metallbau, dem Anlagenbau, dem Maschinenbau, der Automobilindustrie, den Forschungsinstituten, der Petrochemie, der Schmierstoffindustrie, der Stahlproduktion und der Kunststoffindustrie. Für die Durchführung der Umfrage wurde ein Fragebogen entwickelt, der insgesamt über 1000 Unternehmen aus den genannten Branchen in den Ländern Deutschland, Österreich und der Schweiz zugestellt wurde. Als Stichprobe wurden die Wälz- und Gleitlagerhersteller, die Schmierstofffabrikanten, die Zahnrad- und Getriebebauer als auch Institute und Forschungseinrichtungen im Bereich der Tribologie in diesen Ländern ausgewählt.

Mit der Marktbefragung wurde einerseits der Zweck verfolgt, die Anforderungen an das Tribometer im potenziellen Markt zu analysieren und andererseits qualitative Informationen über den Zielmarkt zu generieren. Grundsätzlich lassen sich somit folgende Fragestellungen charakterisieren:

- Welches sind die relevanten Zielgruppen bzw. Unternehmen, für die eine Untersuchung auf einem solchen Prüfstand von Interesse ist, und in welchen Branchen sind die Interessenten angesiedelt?
- Besteht in der Zielgruppe grundsätzlich ein Bedarf nach solchen Prüfungen?
- Welche Messparameter und Prüfeinrichtungen sind für den Markt besonders wichtig?

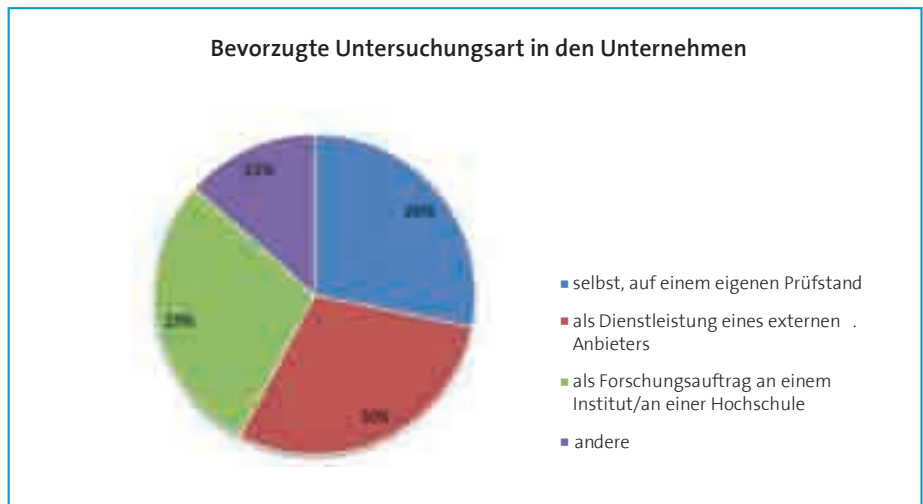


ABB. 6: Bevorzugte Form der Durchführung tribologischer Untersuchungen auf einem 2-Scheiben-Prüfstand

- Wie bekannt ist das Prüfprinzip des 2-Scheiben-Prüfstandes im Markt?
- Für welche Art von Prüfungen (Bauteilprüfung, Modellversuche etc.) können sich die betreffenden Unternehmen den Einsatz eines 2-Scheiben-Tribometers vorstellen?
- Ist für die interessierten Unternehmen mehr die Prüfung an sich oder der gesamte Prüfstand von Bedeutung?

Die Umfrage wurde postalisch durchgeführt, wobei die Rückantwort mittels des beiliegenden Fragebogens oder auch online erfolgen konnte. Als Empfänger wurden die Entwicklungs- bzw. Forschungsleiter der einzelnen Unternehmen ausgewählt. Nach einiger Zeit wurde nachgefasst, wodurch nach Ablauf der Antwortfrist eine Rücklaufquote von 15 % erreicht werden konnte.

Die Umfrage liefert das Ergebnis, dass sich 93 % der befragten Unternehmen allgemein mit tribologischen Themen und Fragestellungen auseinandersetzen. Hinsichtlich des Bekanntheitsgrads des angewandten Prüfprinzips konnten interessante Informationen gewonnen werden. Obwohl dieses Prüfprinzip bereits seit

geraumer Zeit existiert, ist das Prinzip des 2-Scheiben-Tribometers nur 38 % der antwortenden Personen bekannt. Insgesamt 62 % ist das Prüfprinzip dieses Tribometers nicht bekannt, wovon die Hälfte angab, dass das 2-Scheiben-Prinzip eine für sie interessante Prüfmethode darstellt.

Aus den Rückantworten wurde weiter deutlich, dass nur 4 % der Unternehmen ein marktübliches Tribometer besitzen, wobei es sich hierbei häufig um den diesem Prüfstand zu Grunde liegenden Tribometer der Firma Amsler handelt. Weitere 11 % greifen bei Prüfungen von abwälzenden Belastungskollektiven auf Eigenkonstruktion zurück. Die verbleibenden 85 % besitzen in ihrem Unternehmen keine derartigen Prüfstände. Auf die Frage, in welcher Art und Weise die Unternehmen bevorzugt solche Prüfungen durchführen würden ergab sich die Antwort, dass 28 % der befragten Firmen eine eigene Prüfmöglichkeit in ihren Unternehmen bevorzugen würden (Abb. 6).

Insgesamt 59 % würden entsprechende Prüfaufträge an externe Dienstleistungsunternehmen oder an Hochschulen vergeben. Bei der Gruppe „andere“ wurden oftmals Kombinationen im zeitlichen Ablauf, z.B. zunächst als Dienstleistung und

Einschätzung des Bedarfs für Untersuchungen mit dem 2-Scheiben-Tribometer

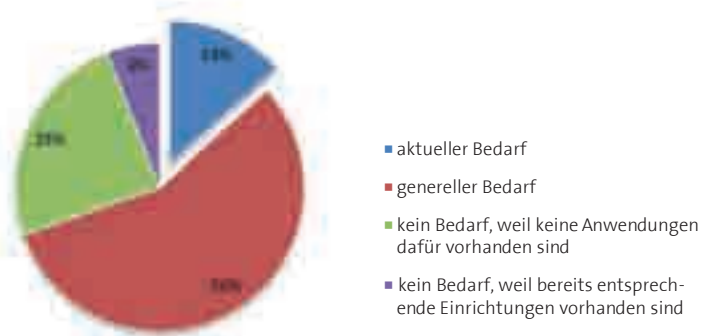


ABB. 7: Bedarf an Prüfungen mit dem 2-Scheiben-Tribometer

später auf einem eigenen Prüfstand, oder konkrete Kooperationspartner genannt.

Hinsichtlich der Einordnung solcher Prüfungen im Entwicklungsprozess sprachen sich 30 % dafür aus, derartige Prüfungen von Werkstoffpaarungen im Modellversuch einzusetzen, 25 % können sich vorstellen auch im Stadium der Prototypen- und Bauteilversuche auf solche Prüfungen zurückzugreifen. Den Einsatzbereichen in der Grundlagenforschung und zur Prüfung von Schmierstoffen werden mit 15 % bzw. 10 % der Nennungen eher eine geringere Bedeutung beigemessen.

Bei der Erfragung der bedeutsamsten Einstell- und Messparameter am Prüfstand fielen jeweils 19 % der Nennung auf die bereits implementierte variable Steuerung der Anpresskraft und der Drehzahl. Die drittwichtigsten Messparameter stellen für die Interessengruppen die Temperatur des Probenkörpers mit 13 % und die Temperaturierung des Schmierstoffs mit 11 % der Nennungen dar. Interessanterweise spielen der stufenlos einstellbare Schlupf mit knappen 10 % Anteil an den Gesamtnennungen ebenso wie die Erfassung der Lärmemission eine eher untergeordnete Rolle. Die Vermessung der Schmierspaltbreite

und die genaue Erfassung der Schmiermitteldurchflussmenge erlangten einen Anteil von 8 % bzw. 6 %.

Bei den möglichen Zusatzoptionen, liegt der größte Bedarf bei einer möglichen Prüfraumtemperierung (26 %) sowie einer Schmierstoffbenetzung (26 %). Etwas geringer mit 18 % wurde der Bedarf nach einem Schmierstoffsumpf sowie nach einer Abrasivstoff-Zuführung (13 %) bewertet.

In einer weiteren Frage wurde nach dem aktuellen Bedarf für derartige Prüfungen in den Unternehmen gefragt. Das Ergebnis ist in der Abb. 7 dargestellt.

Rund 13 % der befragten Unternehmen gaben an, dass sie aktuell einen Bedarf nach Prüfungen auf einem 2-Scheiben-Tribometer haben. Weitere 56 % sehen möglicherweise einen Bedarf für solche Untersuchungen in ihrer Firma. Rund ein Viertel hat zum aktuellen Zeitpunkt keine Anwendungen dafür. 6 % der befragten Unternehmen haben keinen Bedarf für solche Prüfungen oder Prüfeinrichtungen, weil sie bereits über entsprechende Einrichtungen oder Kooperationen verfügen.

Um Informationen über die Branchenstruktur des ausgewählten Zielmarktes

zu erheben, wurden weitere unternehmensbezogene Fragen gestellt, wovon die wichtigsten Erkenntnisse hier kurz vorgestellt werden. Mit 45 % ist ein Großteil der Interessenten dem Maschinen- und Anlagenbau zuzuordnen, gefolgt von der Automobilindustrie mit 15 % und der Schmierstoffindustrie mit 10 %. Die verbleibenden 30 % teilen sich unter den verschiedensten Branchen auf. Wird die Unternehmensgröße betrachtet, sind die Interessenten überwiegend im Klein- und Mittelstand vorzufinden mit bis zu 500 Mitarbeitern.

Bei der Frage nach den Erzeugnissen in den antwortenden Unternehmen lagen mit 19 % die meisten Nennungen auf den Produkten Getriebe und Zahnräder (18 %). Gleitlager und Wälzlager machen zusammen 21 % der Nennungen aus. Reibräder, Schmieröle, Getriebeöle, Schmierfette, Linearführungen und diverse andere Erzeugnisse lagen jeweils unter 10 % und sind daher nicht detailliert aufgeführt.

Zusammengefasst lässt sich folgern, dass der Bedarf nach Prüfungen auf einem 2-Scheiben-Tribometer im Markt latent vorhanden ist und daher teilweise erst noch durch gezielte Bekanntmachung des Prüfstands und des Prüfprinzips geweckt werden muss. Eine konsequente Weiterentwicklung des Prüfstands, um fehlende Zusatzoptionen zu implementieren, erscheint jedoch für die Bedürfnisbefriedigung und die Akzeptanz innerhalb der Interessengruppen von zentraler Bedeutung.

8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der „Two-Discs-Tribometer“ ermöglicht eine fundierte Untersuchung von tribologischen Systemen. Der Einsatz dieser Prüfeinrichtung bietet sich insbesondere in Systemen an, bei denen Wälz- und Gleitbeanspruchung eine tragende Rolle spielen. Der Prüfstand bietet sowohl die Möglichkeit, grundlegende Forschung auf dem Gebiet der Tribologie und Werkstoffkunde

zu betreiben als auch aussagekräftige und realitätsnahe Vorversuche für geplante Anwendungen schnell und kostengünstig umzusetzen und dadurch den Entwicklungsprozess eines Produktes erheblich zu verkürzen.

Zurzeit laufen Versuche zur Validierung des Prüfstandes im Bezug auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf einen realen Anwendungsfall. In weiterer Folge kann der Prüfstand um die bereits angesprochene Klimatisierung und eine Temperaturüberwachung der Kontaktstelle erweitert werden. Zudem ist der weitere Ausbau der Prüfsoftware im Bezug auf Bedienerfreundlichkeit und Versuchsvorauslegung angedacht.

DANKSAGUNG:

Wir danken allen Studierenden, die an diesem Projekt in Form von Studien oder Abschlussarbeiten mitgewirkt haben, und insbesondere der walter&bai ag, die uns bei der Realisierung des Projektes in großartigem Umfang unterstützt hat.

LITERATURVERZEICHNIS

[1] H. Czichos, K.-H. Habig: Tribologie Handbuch, Vieweg Berlin 1992

Material- Prüfmaschinen

für die statische und
dynamische Werkstoffprüfung

w+b

walter+bai

Industriestrasse 4
8224 Löhningen, Schweiz

Prüfmaschinen

Tel. +41 52 687 25 25 www.walterbai.com
Fax +41 52 687 25 20 info@walterbai.com



BACHELOR-STUDIENGÄNGE

- Angewandte Informatik
- Architektur
- Automobilinformationstechnik
- Bauingenieurwesen
- Betriebswirtschaftslehre
- Elektrotechnik und Informationstechnik
- Kommunikationsdesign
- Maschinenbau Konstruktion und Entwicklung
- Maschinenbau Entwicklung und Produktion
- Technische Informatik
- Software-Engineering
- Umwelttechnik und Ressourcenmanagement
- Verfahrenstechnik und Umwelttechnik
- Wirtschaftsinformatik
- Wirtschaftsingenieurwesen Bau
- Wirtschaftsingenieurwesen Elektro- und Informationstechnik
- Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau
- Wirtschaftsrecht
- Wirtschaftssprachen Asien und Management China – Südost- und Südasien
- Wirtschaftssprache Deutsch und Tourismusmanagement

MASTER-STUDIENGÄNGE

- Architektur
- Internationales Management Asien
- Automotive Systems Engineering
- Bauingenieurwesen
- Business Information Technology
- Compliance and Corporate Governance
- Elektrische Systeme
- General Management
- Human Capital Management
- Informatik
- Kommunikationsdesign
- Mechanical Engineering and International Sales Management
- Mechatronik
- Packaging Technology
- Umwelt- und Verfahrenstechnik
- Unternehmensführung
- Wirtschaftsingenieurwesen



Sie wollen hoch hinaus?

Wir bieten energiegeladenen Talenten aus dem Fachbereich Informatik ein Sprungbrett für die Zukunft:

- Praxissemester
- Bachelor-Arbeiten
- Berufseinstieg

Bei uns erwarten Sie spannende, praxisbezogene Aufgaben, viel Eigenverantwortung, erfahrene Mentoren – und ein starkes Team: Mit über 100 Mitarbeitenden ist Sybit einer der größten IT-Dienstleister am Bodensee.

Bereit zum Sprung? Dann freuen wir uns auf Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen, am einfachsten per E-Mail.

Sybit GmbH ■ Marion Fallner ■ Sankt-Johannis-Str. 1-5 ■ D-78315 Radolfzell ■ Tel. +49 (0) 7732 9508-0 ■ karriere@sybit.de **sybit.de**

EXPERTEN

Expertenprofile der Professorinnen und Professoren

FAKULTÄT ARCHITEKTUR UND GESTALTUNG

PROF. ANDREAS BECHTOLD

Lehrgebiete: Timebased-Design, (Bewegtbild im Kommunikationsdesign): Filmtechnik, Drehbuch und Dramaturgie des Erzählens, Regie, Schnitt, Sounddesign und Filmgeschichte. **Forschungsgebiete:** Anthropologie des Erzählens. Entwicklung eines nachhaltigen Lehrkonzeptes zur Vermittlung aktiver Medienkompetenzen (journalistisches Arbeiten, Konzeption und Umsetzung von TV-Formaten etc.). **Spezielles Fachwissen:** Drehbuchautor und Kinderbuchautor

Tel.: +49 (0)7531 3659275

E-Mail: bechthold@htwg-konstanz.de

PROF. DR. IMMO BOYKEN

Lehrgebiete: Architekturgeschichte, Architekturtheorie, Bauaufnahme und Entwerfen. **Forschungsgebiete:** Forschungen zur Entstehung der modernen Architektur. **Spezielles Fachwissen:** Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts

Tel.: +49 (0)7531 206199

E-Mail: boyken@htwg-konstanz.de

PROF. CENGIZ DICLELI

Lehrgebiete: Tragkonstruktionen. **Forschungsgebiete:** Geschichte des Ingenieurbaus. **Spezielles Fachwissen:** Tragwerksentwurf

Tel.: +49 (0)7531 206180

E-Mail: dicleli@htwg-konstanz.de

PROF. DR. VOLKER FRIEDRICH

Lehrgebiete: Kreatives Schreiben im Kommunikationsdesign, professionelles Schreiben, wissenschaftliches Schreiben, Rhetorik. **Forschungsgebiete:** Schreibrhetorik, Bild-Text-Wechselwirkungen, schriftliche Organisationskommunikation, Medientheorie. **Spezielles Fachwissen:** Medienkonzeption, -produktentwicklung und -realisation

Tel.: +49 (0)7531 206659

E-Mail: fried@htwg-konstanz.de

PROF. MYRIAM GAUTSCHI

Lehrgebiete: Entwerfen, Innenraumgestaltung, Ausbautechnologie. **Forschungsgebiete:** Raum-Wahrnehmung, Material und Raum, Licht und Raum, Charlotte Perriand

Tel.: +49 (0)7531 206586

E-Mail: gautschi@htwg-konstanz.de

PROF. JUDITH GRIESHABER

Lehrgebiete: Kommunikationsdesign und Mediadesign, analytisches Gestalten, experimentelles und konzeptionelles Gestalten, Ausstellungskonzeption und -design, Kommunikationsprogramme, Kultur und Kommunikation im öffentlichen Raum. **For-**



schungsgebiete: Anmutungs- und Wirkungsprofile interkulturell, Unternehmenskultur und -kommunikation im internationalen Kontext. **Spezielles Fachwissen:** Durchführung von Seminaren zu Unternehmenskommunikation und -kultur, Corporate Identity, Massenkommunikation und Marketing

Tel.: +49 (0)7531 206851

E-Mail: grieshab@htwg-konstanz.de

PROF. KARIN KAISER

Lehrgebiete: Kommunikationsdesign. **Forschungsgebiete:** Knowledge Media Design, interdisziplinäre Arbeits- und Explorationsformen, visuelle Identitäten. **Spezielles Fachwissen:** Editorial Design, Corporate Design, interdisziplinäre Projekte (Knowledge Media Design, Environmental Design)

Tel.: +49 (0)7531 206854

E-Mail: karin.kaiser@htwg-konstanz.de

PROF. JOSEF LENZ

Lehrgebiete: Entwerfen (besonders Wohnungsbau, Museen), Baukonstruktion (besonders Niedrigenergiebauweise, Passivhaus-Standards). **Spezielles Fachwissen:** Passivhaus-Entwicklung, Solartechnik, Ausstellungsdesign, Museumskonzepte

Tel.: +49 (0)7531 206188

E-Mail: lenz@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ROLF NEDDERMANN

Lehrgebiete: Baumanagement mit den Bereichen: Bauwirtschaft, Baubetrieb und -durchführung, Baukonstruktion. **Forschungsgebiete:** Baukostenplanung, kostengünstiger Wohnungsbau, Kostenplanung im Altbaubereich, Kosten- und Leistungsrechnung für Architekten und Ingenieure, Fachveröffentlichungen, Fortbildungen

Tel.: +49 (0)7531 206688

E-Mail: rolf.neddermann@htwg-konstanz.de

PROF. STEPHAN ROMERO

Lehrgebiete: Architektur: Entwurf, Darstellung, Gestaltung. **Spezielles Fachwissen:** Gebäudeplanung, Stadtplanung, Objektplanung nach HOAI; alle Leistungsphasen

Tel.: +49 (0)7531 206196

E-Mail: romero@htwg-konstanz.de

PROF. LEONHARD SCHENK

Lehrgebiete: Städtebau und Entwerfen. **Forschungsgebiete:** Nachhaltigkeit im Städtebau, besonders: Innenentwicklung, Brachflächenrecycling (Reduzierung der Flächeninanspruchnahme); Alternative Wohnformen, z.B. Baugemeinschaftsmodelle, Zukunft der Bürgerstadt. **Spezielles Fachwissen:** Stadtplanung, (Auszeichnung: Deutscher Städtebaupreis 2001), Wohnungsbau, Landschaftsplanung

Tel.: +49 (0)7531 206183

E-Mail: leonhard.schenk@htwg-konstanz.de

PROF. EBERHARD SCHLAG

Lehrgebiete: Architektur und Design, Kommunikation im Raum, Design und Raum **Forschungsgebiete:** Mediale Raumstrategien „Mediatektur“ **Spezielles Fachwissen:** Museums- und Ausstellungsgestaltung, Szenografie, Integrative Gestaltung von Architektur und Ausstellung, Einsatz von (interaktiven) Medien im Ausstellungsdesign, Entwicklung von Museums- und Ausstellungskonzepten, Inszenierung von Events und Messeauftritten

Tel.: +49 (0)7531 206185

E-Mail: eberhard.schlag@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. THOMAS STARK

Lehrgebiete: Energieeffizientes Bauen. **Forschungsgebiete:** Nachhaltige Energiekonzepte; Solares Bauen; Nachhaltige Architekturwettbewerbe. **Spezielles Fachwissen:** Gebäudeenergiekonzepte; Photovoltaik; Gebäudeintegration; Nachhaltigkeit im Bauwesen

Tel.: +49 (0)7531 206191

E-Mail: mail@t-stark.de

PROF. HORST TEPPERT

Lehrgebiete: Entwerfen und Baukonstruktion. **Forschungsgebiete:** Entwurfskonzepte für alle Gebäudetypologien, Konstruktion und Detail, Realisierung von Bauten. **Spezielles Fachwissen:** Kommunale Bauten: Schulen, Rathäuser, Bürgerhäuser, Frei- und Hallenbäder, Kirchliche Bauten. Bauten für die Industrie: Verwaltungsbauten und gewerbliche Bauten

Tel.: +49 (0)7531 206195

E-Mail: teppert@htwg-konstanz.de

PROF. JO WICKERT

Lehrgebiete: Interfacedesign, Informationsdesign und Screen-design im Kommunikationsdesign. **Forschungsgebiete:** Alternative Interfaces; Applikationsdesign; Aspekte der Qualifikation von Designern für On- und Offlinemedien. **Spezielles Fachwissen:** Markenauftritt für globale Unternehmen, Markenworkshops sowie CI/CD (hauptsächlich digital); New Devices; Unternehmenswebseiten

Tel.: +49 (0)7531 206857

E-Mail: wickert@htwg-konstanz.de

PROF. VALENTIN WORMBS

Lehrgebiete: Professur für Image-Design, konventionelle und digitale Fotografie und Bildgestaltung, Grundlagen der Fotografie und Fototechnik, Grundlagen Kommunikationsdesign.

Forschungsgebiete: Interdisziplinäre Untersuchungen von Bildräumen, Bild-Text-Wechselwirkungen, Medientheorie Bildwissenschaft, Bildrhetorik. **Spezielles Fachwissen:** Künstlerische Druckverfahren

Tel.: +49 (0)7531 3659271

E-Mail: wormbs@htwg-konstanz.de

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

PROF. DR. HEIKO DENK

Lehrgebiete: Massivbau und IT im Bauwesen. **Forschungsgebiete:** Intelligent Computing in Engineering, praxisgerechte Softwareentwicklung. **Spezielles Fachwissen:** Spannbetonbau, Stahlbetonbau, Brückenbau

Tel.: +49 (0)7531 206205

E-Mail: denk@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. WOLFGANG FRANCKE

Lehrgebiete: Stahlbau, Verbundbau und Ingenieurholzbau. **Forschungsgebiete:** Brandschutztechnische Bemessung, Verbundbau, Stahlbau, Ingenieurholzbau, Stabilitätsprobleme (Biegedrillknicken, Plattenbeulen), Gesamtstabilität, Traglastuntersuchungen, statische und dynamische lineare und nicht lineare Bemessung, Schockbelastungen, virtuelle Experimente und Simulation in der Lehre. **Spezielles Fachwissen:** Brandschutztechnische Bemessung im Verbundbau; Industriehallen und Geschossbauten aus Holz, Stahl und Stahl-Beton-Verbund; Parkhäuser aus Stahl-Beton-Verbund; Nichtlineare Berechnungen (Gesamtstabilität, Biegedrillknicken, Plattenbeulen), transiente Einwirkungen

Tel.: +49 (0)7531 206217

E-Mail: francke@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. ANDREAS GROSSMANN

Lehrgebiete: Verkehrswesen. **Forschungsgebiete:** Betrieb und Erhaltung von Verkehrswegen. **Spezielles Fachwissen:** Straßenbetriebsdienst, Systematische Straßenerhaltung, Substanzbewertung von Verkehrsflächen

Tel.: +49 (0)7531 206215

E-Mail: agrossma@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. PETER HIRSCHMANN

Lehrgebiete: Wasserbau und Wasserwirtschaft, Hydromechanik/Hydraulik, Ökologie und Raumplanung, Geo-Informationssysteme (GIS). **Forschungsgebiete:** Ökologischer Gewässerausbau, Retention, Strömung in Gewässern und Rohrleitungen. **Spezielles**

Fachwissen: Wasserwirtschaftliche Planung, ökologischer Gewässerausbau, Wasser- und Baurecht einschl. Genehmigungsverfahren, Raumplanung, Hydraulik

Tel.: +49 (0)7531 206219

E-Mail: hirschma@htwg-konstanz.de

PROF. DR. BERND JÖDICKE

Lehrgebiete: Physik, Lichttechnik. **Forschungsgebiete:** Lichttechnik/Beleuchtung (Tageslicht, Licht und Mensch, Messung von Licht). **Spezielles Fachwissen:** Lichttechnik/Beleuchtungstechnik, Wärmeübertragungsmessung.

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: joedicke@htwg-konstanz.de

PROF. DR. KLAUS-PETER MESSMER

Lehrgebiete: Technische Mechanik, Baustatik. **Forschungsgebiete:** Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalentragsystemen. **Spezielles Fachwissen:** Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalentragsystemen

Tel.: +49 (0)7531 206207

E-Mail: messmerk@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WOLFGANG REITMEIER

Lehrgebiete: Geotechnik (Grundbau, Bodenmechanik). **Forschungsgebiete:** Untergrundverbesserung mit Stabilisierungssäulen. **Spezielles Fachwissen:** Aufstehende- und schwimmende Gründungen in weichen Böden; Vermessung, Ausführung, Qualitätssicherung

Tel.: +49 (0)7531 206224

E-Mail: reitmeier@htwg-konstanz.de

PROF. DR. UWE RICKERS

Lehrgebiete: Baubetrieb. **Forschungsgebiete:** Projektmanagement, Building Information Modelling (BIM), Entscheidungsunterstützung im Disaster Management. **Spezielles Fachwissen:** Projektmanagement, Building Information Modelling (BIM), Entscheidungsunterstützung im Disaster Management

Tel.: +49 (0)7531 206716

E-Mail: uwe.rickers@htwg-konstanz.de

PROF. DR. SYLVIA STÜRMER

Lehrgebiete: Baustofftechnologie/Bauchemie, Bauphysik, Bauwerkserhaltung/Bauschadensanalyse/Denkmalpflege, Darstellende Geometrie. **Spezielles Fachwissen:** Untersuchung und Bewertung mineralischer Baustoffe (auch historische Baustoffe), Baustoffe und Verfahren in der Bausanierung bzw. im Bautenschutz

Tel.: +49 (0)7531 206225

E-Mail: stuermer@htwg-konstanz.de

PROF. DR. HORST WERKLE

Lehrgebiete: Baustatik und Baudynamik. **Forschungsgebiete:** Finite-Element-Methode in der Tragwerksplanung, Bauwerks- und Bodendynamik, Engineering Desktop Systeme in der Tragwerksplanung. **Spezielles Fachwissen:** Finite-Element-Berechnungen, baulastdynamische Berechnungen, erdbebensicheres Bauen

Tel.: +49 (0)7531 206164

E-Mail: werkle@htwg-konstanz.de

PROF. FRANZ ZAHN

Lehrgebiete: Stahlbetonbau, Spannbetonbau, Betontechnologie. **Forschungsgebiete:** Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken. **Spezielles Fachwissen:** Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken

Tel.: +49 (0)7531 206216

E-Mail: zahn@htwg-konstanz.de

PROF. EBERHART ZOLLER

Lehrgebiete: Baubetrieb, Bauvertragswesen, Kalkulation, Projektsteuerung. **Forschungsgebiete:** Schalungssysteme im Baubetrieb, Betonverschalung, Rationalisierung in der Bauwirtschaft, Auslandsbau. **Spezielles Fachwissen:** Bauprojektplanung, Bauprojektsteuerung, Bauprojektkontrollen, Bauschadensanalysen, Baugutachten, Bauvorlageberechtigung, Ausbildungsberechtigung, Ausführungsberechtigung von statischen und konstruktiven Unterlagen

Tel.: +49 (0)7531 206221

E-Mail: zoller@htwg-konstanz.de

FAKULTÄT ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

PROF. DR.-ING. THOMAS BIRKHÖLZER

Lehrgebiete: Mathematik, Informatik, Software Engineering. **Forschungsgebiete:** Entwurfsmuster für objektorientierte Software, Architektur von vernetzten IT-Systemen (speziell im Gesundheitswesen), wahrscheinlichkeitsbasierte Modellierung von Wissen. **Spezielles Fachwissen:** IT Architektur (Entwurf z.B. UML und Umsetzung), Prozessmodellierung, Software-Management, Innovations-Management, Medizintechnik und IT-Systeme für das Gesundheitswesen, Entwurf von wahrscheinlichkeitsbasierten Diagnosesystemen

Tel.: +49 (0)7531 206239

E-Mail: thomas.birkhoelzer@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. GREGOR BURMBERGER

Lehrgebiete: Programmieren, Grundlagen der Elektrotechnik, Automobile Bussysteme, Fahrzeugtechnik (Elektronik), Embedded Systems, Mikrocontroller, VHDL-Design. **Forschungsgebiete:**

Embedded Systems, Mikrocontroller-Systeme, Automobile Bussysteme (speziell FlexRay), CPLD-, FPGA- und ASIC-Design, Schaltungsentwurf, Prozessor- und Systemarchitekturen. **Spezielles Fachwissen:** Bussysteme, FlexRay, Automobilelektronik, Platinenlayout, Systementwicklung, FPGA-Boards

Tel.: +49 (0)7531 206255

E-Mail: gregor.burmberger@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WILHELM FROMM

Lehrgebiete: Prozessautomatisierung, Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), Schutz- und Stationsleittechnik, Programmieren. **Forschungsgebiete:** Schutz- und Stationsleittechnik (Automatisierung in Schaltanlagen). **Spezielles Fachwissen:** Schutz- und Stationsleittechnik (Automatisierung in Schaltanlagen)

Tel.: +49 (0)7531 206368

E-Mail: fromm@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. HARALD GEBHARD

Lehrgebiete: Kommunikations- und Medientechnik, Kommunikationsnetze, Elektronische Navigation und Positionierung. **Forschungsgebiete:** Lokale GNSS Dienste (GPS, GLONASS, Galileo). **Spezielles Fachwissen:** IP Protokolle und Netze, Echtzeit Multimedia in IP-basierten Netzen, Echtzeitübertragung von GNSS-Daten in IP-basierten Netzen

Tel.: +49 (0)7531 206270

E-Mail: harald.gebhard@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MANFRED GEKELER

Lehrgebiete: Leistungselektronik, elektrische Antriebstechnik, Energiewandlung. **Forschungsgebiete:** Leistungselektronik, Power Factor Correction (PFC), Solarwechselrichter, Soft Switching, Vector Control. **Spezielles Fachwissen:** Leistungselektronik, Power Factor Correction (PFC), Solarwechselrichter, Soft Switching, Vector Control, Stromrichter, Frequenzumrichter, Stromversorgungen, Schaltnetzteile (SMPS), Permanentmagnet-Motoren

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: gekeler@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WERNER KLEINHEMPEL

Lehrgebiete: Signalverarbeitung, Simulation, rechnergestützter Schaltungsentwurf. **Forschungsgebiete:** Entwurf, Konzeption und Simulation von nachrichtentechnischen Systemen, Entwicklung von Verfahren der digitalen Signalverarbeitung (Filteralgorithmen, Verfahren zur Spektralanalyse, Multiraten-Signalverarbeitung), Entwurf und Realisierung digitaler Filter. **Spezielles Fachwissen:** Entwurf, Konzeption und Realisierung der digitalen Signalverarbeitungskomponenten von Funksystemen und von Radarsystemen

Tel.: +49 (0)7531 206260

E-Mail: kleinhempel@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ROBERT KREMER

Lehrgebiete: Analoge Signalverarbeitung, Hochfrequenztechnik, Mikrowellentechnik. **Forschungsgebiete:** HF-Sensorik, Antennen.

Spezielles Fachwissen: Kurzbereichsfunk, RADAR-Technik, Mikrowellen-Schaltungstechnik, Mikrowellen-Messtechnik

Tel.: +49 (0)7531 206269

E-Mail: kremer@htwg-konstanz.de

PROF. DR. RICHARD LEINER

Lehrgebiete: Mikrocontroller, Graphische Programmiersprachen (in Englisch), CAE. **Forschungsgebiete:** Anwendung von Photovoltaik und Brennstoffzellen in Booten und zugehöriges Energiemanagement. **Spezielles Fachwissen:** Energiemanagement in Booten, Messdatenerfassung über Internet, LabVIEW, CAE (analog), Filterentwicklung (analog)

Tel.: +49 (0)7531 206244

E-Mail: leiner@htwg-konstanz.de

PROF. DR. GABRIELE PREISSLER

Lehrgebiete: Mathematik und Informatik. **Spezielles Fachwissen:** Geometrie, insbesondere Differentialgeometrie (Möbius-Differentialgeometrie, klassische und Riemannsche Differentialgeometrie, Willmore-Flächen)

Tel.: +49 (0)7531 206265

E-Mail: preissler@htwg-konstanz.de

PROF. DR. JOHANNES REUTER

Lehrgebiete: Regelungstechnik; Simulation. **Forschungsgebiete:** Regelung schnell schaltender Aktuatoren, insbesondere Magnetventile; Autonome Mobile Systeme, Schwerpunkt: Target Tracking und Data Association; Sensorik und Sensormodellierung; Optimierung von Betriebsstrategien unter Unsicherheit. **Spezielles Fachwissen:** Nichtlineare Regelungsverfahren mechatronischer Systeme; Probabilistische Filterung und Datenzuordnung (KF, PDAF, PDAB, MHT); Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme für Regelung und Simulation

Tel.: +49 (0)7531 206266

E-Mail: jreuter@htwg-konstanz.de

PROF. DR. CHRISTOPH SCHICK

Lehrgebiete: Hochfrequenztechnik, Analoge Schaltungstechnik, Grundlagen der Elektrotechnik. **Spezielles Fachwissen:** Integrierte Hochfrequenzschaltungen (RFICs), Mikrowellen-Schaltungstechnik, Mikrowellen-Messtechnik

Tel.: +49 (0)7531 206657

E-Mail: christoph.schick@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WOLFGANG SKUPIN

Lehrgebiete: Kommunikationstechnik, Mobilfunk, Mobilkommunikation, CDMA-Technik, GPS. **Forschungsgebiete:** Wireless LANs,

mobiler Datenfunk, Verkehrsbelastungsszenarien (Kommunikationsverkehr). **Spezielles Fachwissen:** Navigation/Funknavigation/SATNAV, CDMA-Systeme, Wireless LANs

Tel.: +49 (0)7531 206257

E-Mail: skupin@htwg-konstanz.de

PROF. DR. PETER SLOWIG

Lehrgebiete: Kommunikationssysteme, Grundlagen Elektrotechnik, Technische Akustik, Informationstechnik für Fremdspracherwerb Chinesisch. **Forschungsgebiete:** Computerlinguistik, maschinelle Übersetzung, Spracherkennung. **Spezielles Fachwissen:** Messtechnik, Technische Akustik, maschinelle und humansprachliche Übersetzung: Japanisch, Chinesisch, Russisch

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: slowig@htwg-konstanz.de

PROF. DR. GUNTER VOIGT

Lehrgebiete: Hochspannungstechnik, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Energieübertragung und -verteilung, Messtechnik. **Forschungsgebiete:** Optimierung von Isolationssystemen, Methoden der Hochspannungsprüf- und -messtechnik. **Spezielles Fachwissen:** Untersuchung von Isolationssystemen, Hochspannungsprüf- und -messtechnik

Tel.: +49 (0)7531 206510

E-Mail: gvoigt@htwg-konstanz.de

PROF. EDMUND ZÄHRINGER

Lehrgebiete: Elektronik, elektronische Bauelemente, Schaltungstechnik. **Forschungsgebiete:** analoge Schaltungstechnik, Sensor-signalvorverarbeitung, Digitalisierung von Sensor- und Audio-Signalen. **Spezielles Fachwissen:** elektronische Bauelemente und Sensoren, Design Reviews inkl. Layout, Schaltungstechnik, Sensorik, Sensorsignal-Vorverarbeitung und -Digitalisierung

Tel.: +49 (0)7531 206267

E-Mail: zaehring@htwg-konstanz.de

FAKULTÄT INFORMATIK

PROF. DR. OLIVER BITTEL

Lehrgebiete: Programmierertechnik, Algorithmen u. Datenstrukturen, KI-Programmierung, neuronale Netze u. Fuzzy Logic, Robotik. **Forschungsgebiete:** Neuronale Netze und Fuzzy Logic, mobile autonome Roboter. **Spezielles Fachwissen:** Neuronale Netze und Fuzzy Logic, mobile autonome Roboter, insbesondere Einsatz von neuronalen Netzen u. Fuzzy Logic in Navigationssystemen (GPS, Loran-C)

Tel.: +49 (0)7531 206626

E-Mail: bittel@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MARKO BOGER

Lehrgebiete: Software Architektur, Software Engineering, Moderne Programmiersprachen, Entrepreneurship, Projektmanagement.

Forschungsgebiete: Modellgetriebene Softwareentwicklung (MDSD), Graphische Modellierungswerkzeuge, Domänenspezifische Sprachen (DSL). **Spezielles Fachwissen:** MDSD, UML, Scala, Xtext, Xtend, Spray

Tel.: +49 (0)7531 206631

E-Mail: marko.boger@htwg-konstanz.de

PROF. DR. HEIKO VON DRACHENFELS

Lehrgebiete: Software-Entwicklung, Programmierertechnik (mit C++), Objektorientierte Systementwicklung (mit C++, Java, UML). **Forschungsgebiete:** Produktivitätssteigerung in der Software-Entwicklung durch Standard-Architekturen und Entwurfsmuster, Software-Generierung, Fachsprachen, objektorientierte Renovierung von Altlasten. **Spezielles Fachwissen:** Verteilte Systeme, Software-Architektur, Software-Engineering, 10 Jahre Praxiserfahrung damit in der Postautomatisierung

Tel.: +49 (0)7531 206643

E-Mail: drachenfels@htwg-konstanz.de

PROF. DR. OLIVER ECK

Lehrgebiete: Datenbanksysteme, Systemmodellierung, Algorithmen und Datenstrukturen. **Forschungsgebiete:** Konzepte und Techniken moderner Datenbanksysteme, Wissensmodellierung. **Spezielles Fachwissen:** Datenbanksysteme, Softwaretechnik, Systemanalyse, wissensbasierte Systeme, Ingenieursysteme

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: eck@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WILHELM ERBEN

Lehrgebiete: Statistik, Logik(-programmierung), Metaheuristiken für Optimierungsprobleme, Data Mining. **Forschungsgebiete:** Timetabling mit Hilfe Evolutionärer Algorithmen oder anderer Metaheuristiken. **Spezielles Fachwissen:** Timetabling/Scheduling, Metaheuristiken, Statistik mit Excel

Tel.: +49 (0)7531 206507

E-Mail: erben@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MATTHIAS FRANZ

Lehrgebiete: Mustererkennung, Bildverarbeitung, Algorithmen und Datenstrukturen. **Forschungsgebiete:** Bildverarbeitung, maschinelles Lernen, kognitive Systeme, Steganalyse. **Spezielles Fachwissen:** Bild- und Texturmodellierung, automatisches Design von Bildverarbeitungssystemen, Steganalyse in Bildern, maschinelles Lernen auf Bildern, Statistik natürlicher Szenen, optische Flussanalyse

Tel.: +49 (0)7531 206633

E-Mail: mfranz@htwg-konstanz.de

PROF. DR. JÜRGEN FREUDENBERGER

Lehrgebiete: Kommunikationstechnik, Schaltungstechnik, Regelungstechnik, Multimedia. **Forschungsgebiete:** Sprachsignalverarbeitung, Übertragungstechnik, Informations- und Codierungstheorie. **Spezielles Fachwissen:** Mobilfunkstandards Bluetooth, GSM und UMTS, Simulationssoftware Matlab, Softwareentwicklung für DSP-Systeme, Freisprech- und Sprachbediensysteme, Kfz-Multimedia

Tel.: +49 (0)7531 206647

E-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

PROF. DR. HABIL. JÜRGEN GARLOFF

Lehrgebiete: Analysis, numerische Mathematik. **Forschungsgebiete:** Globale Optimierung, wissenschaftliches Rechnen mit automatischer Ergebnisverifikation, Matrix-Analysis, robuste Regelung, numerische lineare Algebra. **Spezielles Fachwissen:** Rundungsfehlerkontrolle, Matrix-Analysis, robuste Regelung, Polynomiale Gleichungs- und Ungleichungssysteme, restringierte globale Optimierung.

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: garloff@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MICHAEL GRÜTZ

Lehrgebiete: Betriebliche Systemanalyse/Systemplanung, betriebliche Systemforschung/Operations Research/Logistikinformationssysteme öffentlicher Betriebe (Krankenhaus-Informationssysteme) basierend auf einem Planspiel, Informationsmanagement, Projektmanagement. **Forschungsgebiete:** Entwicklung EDV-gestützter Optimierungsmethoden und -modelle (Operations Research, Expertensysteme, Simulation) im Besonderen im Bereich Personaleinsatzplanung, Decision Support Systeme im Bereich Gesundheitsökonomie/Krankenhauswesen. **Spezielles Fachwissen:** Entwicklung einer rechnergestützten Lösung zur intelligenten Einsatzplanung für Auszubildende, Trainees und Praktikanten (Versetzungsplanung), Entwicklung eines Programmpakets zur rechnergestützten Auswahl und Verwaltung von Bewerbern für Arbeitsplätze, Systemanalyse in einem mittelständischen Betrieb zur Automatisierung von Beschichtungsanlagen

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: gruetz@htwg-konstanz.de

PROF. DR. OLIVER HAASE

Lehrgebiete: Verteilte Systeme und Software Engineering. **Forschungsgebiete:** Peer-To-Peer-Netze, automatische Software-Distribution. **Spezielles Fachwissen:** Kommunikationsmiddleware, Java RMI, CORBA, Jini, Mobility, Peer-To-Peer-Infrastrukturen, Chord, Java Webstart

Tel.: +49 (0)7531 206720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ULRICH HEDTSTÜCK

Lehrgebiete: Simulation, Algorithmen und Datenstrukturen, theoretische Informatik, künstliche Intelligenz. **Forschungsgebiete:** Simulation (Simulationssoftware für ereignisorientierte Simulationen, Virtual-Reality-Simulationen), Natural Language Processing. **Spezielles Fachwissen:** Ereignisorientierte Simulation, Virtual-Reality-Systeme, Natural Language Processing, Expertensysteme

Tel.: +49 (0)7531 206508

E-Mail: hdstueck@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ELKE-DAGMAR HEINRICH

Lehrgebiete: Mathematik, Statistik, theoretische Informatik, graphische Algorithmen, Informations- und Codierungstheorie. **Forschungsgebiete:** Entwicklung von Algorithmen, Gender Studies (Förderung des Technikinteresses). **Spezielles Fachwissen:** Anwendung algebraischer Methoden, Einsatz von Computeralgebra

Tel.: +49 (0)7531 206343

E-Mail: heinrich@htwg-konstanz.de

PROF. DR. CHRISTIAN JOHNER

Lehrgebiete: Software-Engineering, Software-Qualitätssicherung, Software-Architekturen. **Forschungsgebiete:** Qualitätssicherung medizinischer Software, Datamining in der Medizin, Integration medizinischer Informationssysteme. **Spezielles Fachwissen:** Medizinische Informatik, Software im Gesundheitswesen, Qualitätssicherung medizinischer Software

Tel.: +49 (0)7531 206597

E-Mail: cjohnner@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MICHAEL MÄCHTEL

Lehrgebiete: Betriebssysteme, Realzeitsysteme und Embedded Systems. **Forschungsgebiete:** Latenzzeiten in Realzeitbetriebssystemen, Low Power Scheduling. **Spezielles Fachwissen:** Realzeitsysteme, Realzeitbetriebssysteme, Embedded Systems

Tel.: +49 (0)7531 206632

E-Mail: maechte@htwg-konstanz.de

PROF. DR. REINER MARTIN

Lehrgebiete: IT-Projektmanagement und Teamarbeit, Produktionslogistik (PPS). **Forschungsgebiete:** Einführung und Nutzung unternehmensweiter Informationssysteme (ERP-Systeme). **Spezielles Fachwissen:** IT-Projektmanagement und Teamarbeit, Produktionslogistik (PPS)

Tel.: +49 (0)7531 206509

E-Mail: martin@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MARCO MEVIUS

Lehrgebiete: Wirtschaftsinformatik, Modellierung und Optimierung von Geschäftsprozessen, IT Service Management, Betriebswirtschaftslehre. **Forschungsgebiete:** Kennzahlenbasiertes Geschäftsprozessmanagement, Social Business Process Engineering, Cloud-basierte Geschäftsprozessimplementierung, Entwicklung nachhaltiger Informationssysteme (Green Software), Mobile Geschäftsprozesse, Schatten-IT. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung und Implementierung von prozessbasierten Informationssystemen, Konzeption, Einführung und Betrieb von Kennzahlensystemen, Nachhaltigkeitsmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206515

E-Mail: marco.mevius@htwg-konstanz.de

PROF. DR. JÜRGEN NEUSCHWANDER

Lehrgebiete: Integriertes Netz- und System-Management, Rechnersysteme, Sicherheit in der Informationstechnik, Digitaltechnik. **Spezielles Fachwissen:** Netzwerk-Management von Kommunikationsnetzen, Entwurf digitaler Steuerungen (einschl. Mikroprozessoren), informationstechnische Sicherheit (Sicherheit beim E-Commerce), Projekt-Management (Methoden und Durchführung)

Tel.: +49 (0)7531 206648

E-Mail: juergen.neuschwander@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. IRENÄUS SCHOPPA

Lehrgebiete: Digitaltechnik, Digitale Systeme, Hardwarespezifikation mit VHDL, Hardware-Software Co-Design, Soft-Core-Prozessoren. **Forschungsgebiete:** Entwurfsautomatisierung in der Schaltungssynthese, applikationsspezifische Prozessoren und Controller in Embedded-Systemen, Hardwarebeschreibungssprachen. **Spezielles Fachwissen:** Entwurf und Synthese anwendungsspezifischer Schaltungen mit programmierbaren Logikbausteinen (FPGAs), Schaltungsdesign mit VHDL

Tel.: +49 (0)7531 206644

E-Mail: ischoppa@htwg-konstanz.de

PROF. DR. RALF SEEPOLD

Lehrgebiete: Ubiquitous Computing, Betriebssysteme, Verteilte Systeme, Software Engineering, Programmierung. **Forschungsgebiete:** Telematik- und Multimedia-Gateways, Service-Architekturen, Integration mobiler Dienste, eHealth-/eCare-Anwendungen. **Spezielles Fachwissen:** Middleware-Gateways, Programmierung mobiler Endgeräte, Dienstintegration, verteilte Sensornetzwerke, Virtualisierung von Management-Umgebungen, Discovery-Protokolle

Tel.: +49 (0)7531 206633

E-Mail: ralf.seepold@htwg-konstanz.de

PROF. DR. GEORG UMLAUF

Lehrgebiete: Computergrafik, Programmieren, Algorithmen und Datenstrukturen, CAD. **Forschungsgebiete:** Computergrafik, geometrisches Modellieren, CAD, CAM, CAGD, Reverse Engineering. **Spezielles Fachwissen:** Unterteilungsalgorithmen, Splines, 3D-Rekonstruktion, Flächen-Optimierung, Meshing, 3D-Simulationen

Tel.: +49 (0)7531 206451

E-Mail: umlauf@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. JÜRGEN WÄSCH

Lehrgebiete: E-Business Technologien und Anwendungen, Internet-Technologien/XML, Datenbanksysteme, verteilte Systeme/Rechner- und Systemarchitekturen. **Forschungsgebiete:** Effizientes E-Business für kleine und mittelständische Unternehmen, serviceorientierte Architekturen und Webservice Technologien für unternehmensübergreifendes Geschäftsprozessmanagement und -optimierung. **Spezielles Fachwissen:** E-Business-Standards und -Systeme, Business-to-Business Integration, ERP-Integration/EAI; Web-Technologien, XML & Co., Internet-Standards, Produktdatenmanagement, Produktklassifikation, elektronische Produktkataloge, Cross-Media Publishing, verschiedenste Datenbank-Systeme, -Technologien und -Anwendungen

Tel.: +49 (0)7531 206502

E-Mail: waesch@htwg-konstanz.de

FAKULTÄT MASCHINENBAU

PROF. DR. GUIDO BALTES

Lehrgebiete: Strategic Management, High-Tech Marketing, Business Planning. **Forschungsgebiete:** Dynamische Führungssysteme (organisatorische Routinen und elektronisch-gestützte Plattformen zur strategischen Steuerung dynamischer inter- und intra-organisationaler Netzwerke). **Spezielles Fachwissen:** Strategisches Management, Unternehmensführung und -finanzierung, Software-Projektmanagement, Software-Patentierung

Tel.: +49 (0)7531 206310

E-Mail: baltes@htwg-konstanz.de

PROF. DR. UWE BEHRENDT

Lehrgebiete: Anlagentechnik, Prozessmaschinen, Projektmanagement, Mathematik, Innovationsmanagement. **Forschungsgebiete:** Hochdruckprozesspumpen, Dosiertechnik. **Spezielles Fachwissen:** Prozesspumpen, Projektmanagement, Innovationsmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206326

E-Mail: behrendt@htwg-konstanz.de

PROF. DR. PETER BLOHM

Lehrgebiete: Konstruktionslehre. **Forschungsgebiete:** Anlagenbau, Walzwerkstechnik, Maschinenelemente. **Spezielles Fachwissen:** Blechbearbeitung, Blechschneiden, Anlagenbau

Tel.: +49 (0)7531 206560

E-Mail: blohm@htwg-konstanz.de

PROF. DR. CLAUD BRAXMAIER

Lehrgebiete: Fertigungsmesstechnik, Physik (optische & akustische Messtechnik), Regelungstechnik, Systems Engineering. **Forschungsgebiete:** Optische Messtechnik und Sensorik, Optische Qualitätstechnik, 3D-Mess- und Digitalisierungssysteme, Messtechnische Systeme für die Raumfahrt. **Spezielles Fachwissen:** höchstauflösende Messtechnik; moderne Optik: Lasertechnik, Interferometrie; Inertiale Sensorik, Schwingungs- und Modalanalyse, fundamentale Tests der Physik, Raumfahrtsysteme

Tel.: +49 (0)7531 206348

E-Mail: braxm@htwg-konstanz.de

PROF. DR. REINER BÜHRER

Lehrgebiete: Fördertechnik und technische Logistik, Materialflusstechnik, Technischer Vertrieb. **Forschungsgebiete:** Materialfluss, Logistik und Fabrikplanung. **Spezielles Fachwissen:** Materialflussuntersuchungen und Optimierung von Fabriken durch logistikgerechte Planung und Organisation

Tel.: +49 (0)7531 206161

E-Mail: buehrer@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MICHAEL BUTSCH

Lehrgebiete: Fahrzeugtechnik, Fahrzeuggetriebe. **Forschungsgebiete:** Fahrzeuggetriebe, Antriebstechnik, Fahrzeugtechnik. **Spezielles Fachwissen:** Planetengetriebe, Fahrzeuggetriebe, Industriegetriebe

Tel.: +49 (0)7531 206390

E-Mail: butsch@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ARNO DETTER

Lehrgebiete: Umwelttechnik und Chemie. **Forschungsgebiete:** Industrielle Wasser- und Abwassertechnik. **Spezielles Fachwissen:** Membrantrennverfahren, Adsorptionsverfahren, Reaktionstechnik

Tel.: +49 (0)7531 206537

E-Mail: detter@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. MARTIN DOMM

Lehrgebiete: Mathematik, Rechnungswesen/Kostenrechnung für Ingenieure, Produktivitätsmanagement, Automatisierungstechnik. **Forschungsgebiete:** Produktionsrestrukturierung, Gruppenarbeit, KVP-Prozesse; Robotertechnik, Handhabungstechnik, Bildverarbeitung. **Spezielles Fachwissen:** Produktionsrestrukturierung, Gruppenarbeit, KVP-Prozesse, Robotertechnik, Handha-

bungstechnik, Bildverarbeitung, Produktionsmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206277

E-Mail: domm@htwg-konstanz.de

PROF. DR. KLAUS-DIETER DURST

Lehrgebiete: Messtechnik, Sensorik, Fertigungsmesstechnik, Physik. **Spezielles Fachwissen:** Sensortechnik, Akustik, exp. mechan. Spannungsanalyse (DMS-Technik), Messsignalerfassung, Signalanalyse, Programmierung von Messtechnik-Applikationen, Kalibriertechnik, Messtatistik, 3D-Koordinatenmesstechnik, interferometrische Messtechnik (Oberflächenmesstechnik)

Tel.: +49 (0)7531 206344

E-Mail: durst@htwg-konstanz.de

PROF. DR. LUDWIG EICHER

Lehrgebiete: Thermodynamik, Wärmeübertragung, Strömungslehre. **Spezielles Fachwissen:** Klimatechnik, insbesondere Luftentfeuchtung und Wassermanagement, Thermalanalyse, Systemengineering im Raumfahrtbereich

Tel.: +49 (0)7531 206282

E-Mail: eicher@htwg-konstanz.de

PROF. DR. RALF EISSLER

Lehrgebiete: Qualitätsmanagement, Produktionslogistik, Automatisierungstechnik, Statistik und Operations Research. **Forschungsgebiete:** Qualitätsmanagement, Total Quality Management, Lean Production, Supply Chain Management. **Spezielles Fachwissen:** Total Quality Management, Lean Production, Supply Chain Management

Tel.: +49 (0)7531 206323

E-Mail: eissler@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. DR. H.C. PAUL GÜMPEL

Lehrgebiete: Werkstoffkunde, Werkstoffprüfung, Korrosion und Oberflächentechnik. **Forschungsgebiete:** Mikrobiell induzierte Korrosion, Formgedächtnislegierungen, Korrosionsverhalten von NIRO-Stahl, Leistungsverhalten von Werkzeugen. **Spezielles Fachwissen:** Korrosionsverhalten von Stählen, nichtrostende Stähle, Werkzeugwerkstoffe, Verschleißverhalten von Werkstoffen

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WERNER HOFACKER

Lehrgebiete: Thermische Verfahrenstechnik. **Forschungsgebiete:** Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik (rationelle Energieverwendung, Erneuerbare Energien). **Spezielles Fachwissen:** Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik (rationelle Energieverwendung, erneuerbare Energien), numerische Thermo- und Fluidodynamik, Simulationstechnik, thermische Stofftrennung

Tel.: +49 (0)7531 206593

E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. UWE KOSIEDOWSKI

Lehrgebiete: Aktoren, Modellbildung und Simulation mechatronischer Systeme, Elektronik in Fahrzeugen, Mechatronische Systeme in Fahrzeugen, Schaltungstechnik in mechatronischen Systemen, Programmierung von Mikrocontrollern, Elektrotechnik, Einführung in Matlab/Simulink. **Forschungsgebiete:** Modellbildung und Simulation von mechatronischen Systemen, Prüfeinrichtungen für Systeme der Fahrzeugelektronik, Steuerung und Regelung elektromechanischer Antriebssysteme, Mikrocontrollersysteme. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung, Simulation und Regelung mechatronischer Systeme, Hard- und Softwareentwicklung für die Steuerung und Regelung mechatronischer Systeme

Tel.: +49 (0)7531 206721

E-Mail: ukosiedo@htwg-konstanz.de

PROF. DR. BURKHARD LEGE

Lehrgebiete: Konstruktionslehre, Maschinenelemente, CAD. **Forschungsgebiete:** Schienenfahrzeugtechnik (im Aufbau). **Spezielles Fachwissen:** Schienenfahrzeugtechnik, Automatisierung von Schienenfahrzeugen, Lokomotivbau, Fahrwerkberechnung, internationale Zulassungsanforderungen für Schienenfahrzeuge

Tel.: +49 (0)7531 206309

E-Mail: lege@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ANDREAS LOHMBERG

Lehrgebiete: Strömungslehre, Strömungsmaschinen (Turbomaschinen), Strömungssimulationen (CFD). **Forschungsgebiete:** Strömungslehre, Strömungsmaschinen (Turbomaschinen), Strömungssimulationen (CFD). **Spezielles Fachwissen:** Pumpen-, Verdichter- und Turbinenentwicklung, Computational Fluid Dynamics (CFD), numerische Strömungssimulation

Tel.: +49 (0)7531 206229

E-Mail: lohmborg@htwg-konstanz.de

PROF. DR. CARSTEN MANZ

Lehrgebiete: Unternehmensführung, Projektmanagement, Industriegütermarketing, Werkstofftechnik (Kunststoffe). **Forschungsgebiete:** Strategisches Management, Innovationsmanagement, Technologiemanagement, Faserverbundwerkstoffe. **Spezielles Fachwissen:** Projektmanagement, Unternehmensführung, Lasermaterialbearbeitung (reinigen, abtragen), Faserverbundtechnologie

Tel.: +49 (0)7531 206292

E-Mail: manz@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ROLAND NÄGELE

Lehrgebiete: Steuerungstechnik, Regelungstechnik. **Forschungsgebiete:** Strukturierte SPS-Programmierung, PC-based control (Soft-SPS), Prüfstandsautomatisierung, Frequenzmessungen

und Modellierung. **Spezielles Fachwissen:** Zustandsbeobachter, Model-based fault detection, Optimierung der Zuverlässigkeit (dependability), elektronische Schaltungen, komplexe Messdaten-Analyse, z.B. Sprungdetektion

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: roland.naegle@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ANTONIUS SAX

Lehrgebiete: Konstruktion, Konstruktionslehre, Werkzeugmaschinen. **Spezielles Fachwissen:** Verzahnungen, Getriebe

Tel.: +49 (0)7531 206279

E-Mail: sax@htwg-konstanz.de

PROF. DR. KERSTIN SCHAPER-LANG

Lehrgebiete: Volkswirtschaftslehre, Betriebswirtschaftslehre, CRM – Customer Relationship Management, Managerial Economics, Betriebliche Informationssysteme. **Forschungsgebiete:** Innovationsmanagement, Corporate Identity – Organisationskultur, Kundenorientierung. **Spezielles Fachwissen:** Business-Coaching, NLP, Wirtschaftsethik

Tel.: +49 (0)7531 206687

E-Mail: kschaper@htwg-konstanz.de

PROF. DR. UDO SCHELLING

Lehrgebiete: Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung, Energietechnik. **Forschungsgebiete:** Brennstoffzellen, Wasserstofftechnik

Tel.: +49 (0)7531 206304

E-Mail: schell@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. KLAUS SCHREINER

Lehrgebiete: Verbrennungsmotoren, Kraft- und Arbeitsmaschinen, Mathematik. **Forschungsgebiete:** Biodiesel auf dem Bodensee, Gasmotoren auf dem Bodensee, Motordiagnose, Motorsimulation. **Spezielles Fachwissen:** Motorsimulation, Motordiagnose, Verbrennungsentwicklung, Common Rail

Tel.: +49 (0)7531 206307

E-Mail: schreine@htwg-konstanz.de

PROF. DR. DIETER SCHWECHTEN

Lehrgebiete: Mechanische Verfahrenstechnik, Abluftreinigung, Strömungslehre, Mehrphasenströmungen, Konstruktion von Apparaten der Pharma- und Lebensmitteltechnik, Methoden der Verfahrenstechnik. **Spezielles Fachwissen:** Feststoffverfahrenstechnik, insbesondere Mahlen und Sichten, Herstellung, Veredelung und Analyse feiner und feinsten Partikel (trocken, nass), Online-Partikelmesstechnik und Probenahme Sortiertechnik, Aufbereitung und Recycling Konstruktion verfahrenstechnischer Apparate, CAD

Tel.: +49 (0)7531 206535

E-Mail: schwechten@htwg-konstanz.de

PROF. DR. PHILIPP STEIBLER

Lehrgebiete: Wirtschafts- und Gesellschaftsrecht, EU-Recht, Rechtsvergleichung, Konfliktmanagement/Alternative Dispute Resolution (ADR), Gewerblicher Rechtsschutz/Intellectual Property inklusive Medien- und Urheberrecht. **Forschungsgebiete:** ADR: Einsatz der Mediation und ähnlicher Verfahren im Wirtschaftsrecht, Internationale Zuliefererverträge und Kooperationsverträge (F&E). **Spezielles Fachwissen:** Gestaltung internationaler Zuliefererverträge, Alternative Streitbeilegung, Rechtsfragen des e-commerce, fließend Englisch

Tel.: +49 (0)7531 206727

E-Mail: steibler@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. ANDREAS WILLIGE

Lehrgebiete: Fertigungstechnik, Werkstofftechnik, Oberflächentechnik. **Forschungsgebiete:** Schweißtechnik, Umformtechnik, Gießereitechnik, Oberflächentechnik. **Spezielles Fachwissen:** Schweißtechnik (Schweißfachingenieur und Europäischer Schweißfachingenieur), Umformtechnik, Gießereitechnik, Oberflächentechnik Schadensanalyse (Sachverständiger)

Tel.: +49 (0)7531 206283

E-Mail: willige@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. REINHARD WINKLER

Lehrgebiete: Werkstofftechnik; Mathematik; Trenn- und Fügetechnik; Technische Mechanik. **Forschungsgebiete:** Werkstofftechnik; Trenn- und Fügetechnik. **Spezielles Fachwissen:** Werkstofftechnik: Leichtmetallwerkstoff Aluminium (Legierungsentwicklung, Space-Frame-Technologie), Trenn- und Fügetechnik: Laserstrahlschweißen

Tel.: +49 (0)7531 206754

E-Mail: rwinkler@htwg-konstanz.de

FAKULTÄT WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN

PROF. DR. JUR. RAINER BAKKER

Lehrgebiete: Wirtschafts- und Gesellschaftsrecht, EU-Recht, Rechtsvergleichung, Konfliktmanagement/Alternative Dispute Resolution (ADR), Gewerblicher Rechtsschutz/Intellectual Property inklusive Medien- und Urheberrecht. **Forschungsgebiete:** ADR (Einsatz der Mediation und ähnlicher Verfahren im Wirtschaftsrecht), Internationale Zuliefererverträge und Kooperationsverträge (F&E). **Spezielles Fachwissen:** Gestaltung internationaler Zuliefererverträge, Alternative Streitbeilegung, Rechtsfragen des E-Commerce

Tel.: +49 (0)7531 206426

E-Mail: bakker@htwg-konstanz.de

PROF. DR. JOCHEN BENZ

Lehrgebiete: Logistik (insbesondere Materialwirtschaft, Produktion, Simulation in der Logistik, IT-Systeme), Wirtschaftsinformatik, Allgemeine BWL. **Forschungsgebiete:** Management Informationssysteme und Business Intelligence. **Spezielles Fachwissen:** Management Informationssysteme und Business Intelligence, Simulation in der Logistik

Tel.: +49 (0)7531 206125

E-Mail: benz@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ANDREAS BERTSCH

Lehrgebiete: Grundlagen der BWL, Finanzierung, Bilanzierung, Bilanzpolitik und Bilanzanalyse nach Handelsgesetzbuch (HGB) und International Financial Reporting Standards (IFRS), Case Studies, Steuersysteme und Investitionsförderung. **Forschungsgebiete:** Rechnungslegung nach HGB und IFRS, Risikomanagement, Unternehmensbesteuerung, Unternehmensbewertung, Unternehmensfinanzierung. **Spezielles Fachwissen:** Umstellung der Rechnungslegung von HGB auf IFRS, Bilanzierung von Finanzinstrumenten, insbesondere Derivate und strukturierte Produkte, nach nationalen und internationalen Grundsätzen, Unternehmensbewertung, Risikomanagement bei Banken

Tel.: +49 (0)7531 206531

E-Mail: bertscha@htwg-konstanz.de

PROF. DR. RER. POL. JÖRG BEUTEL

Lehrgebiete: Volkswirtschaftslehre (Mikroökonomie, Makroökonomie), Umweltwissenschaften (Environmental economics), Empirische Wirtschaftsforschung (DV-Anwendungen). **Forschungsgebiete:** Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (National Accounts), Input-Output-Analyse (Input-Output-Analysis), europäische Regionalpolitik (Structural Policies), Entwicklungsplanung (Development Planning). **Spezielles Fachwissen:** National Accounts (Supply and use matrices, input-output-tables, capital stock data – Eurostat), European Structural Policies (Evaluierung der Europäischen Regionalpolitik – European Commission), Development Planning (Planungsministerium Saudi-Arabien)

Tel.: +49 (0)7531 206251

E-Mail: beutel@htwg-konstanz.de

PROF. DR. JUR. SUSANNE ENGELSING

Lehrgebiete: Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchsmusterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht, Systematik und Methoden der Rechtswissenschaft, BGB Allgemeiner Teil und Allgemeines Schuldrecht, Besonderes Schuldrecht, Deutsches und Europäisches Verfassungsrecht. **Forschungsgebiete:** Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchsmusterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht. **Spezielles Fachwissen:** Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchs-

musterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht, Presserecht, Lebensmittelkennzeichnungsrecht infolge über 13-jährigen Tätigkeit als Wirtschaftsrechtsanwältin in diesen Rechtsgebieten

Tel.: +49 (0)7531 206746

E-Mail: susanne.engelsing@htwg-konstanz.de

PROF. PETER L. FRANKLIN

Lehrgebiete: Courses on Intercultural Business and Management Communication, current Research on Intercultural Business and Management Communication, Business Negotiation, Business Presentations, Business Writing, Business Terminology. **Forschungsgebiete:** Curriculum and media development in intercultural business and management communication, Cross-cultural management and marketing communication, Language teaching

Tel.: +49 (0)7531 206396

E-Mail: franklin@htwg-konstanz.de

PROF. DR. STEPHAN GRÜNINGER

Lehrgebiete: Allgemeine BWL, Managerial Economics, Compliance und Corporate Governance, Wirtschafts- und Unternehmensethik.

Forschungsgebiete: Corporate Governance und Compliance Management, Fraud Risk Management & Fraud Investigation, Compliance Auditing & Monitoring, Wirtschaftsethik/Corporate Responsibility. **Spezielles Fachwissen:** Unternehmensführung und -überwachung, Aufdeckung und Prävention von Wirtschaftskriminalität, insbesondere Korruptionsbekämpfung, Compliance Management und Business Ethics.

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: stephan.grueninger@htwg-konstanz.de

PROF. DR. OLIVER HAAG

Lehrgebiete: Gesellschaftsrecht, Handelsrecht, Arbeitsrecht, Bürgerliches Recht, Compliance, Corporate. **Forschungsgebiete:** Betriebsverfassung im Mittelstand, Rechtsverhältnisse von Gesellschaftern und Gesellschaften, Unternehmensnachfolge in Familienunternehmen, Compliance in kleinen und mittelständischen Unternehmen. **Spezielles Fachwissen:** Unternehmensgründung und -nachfolge, Managerhaftung, Gesellschaftsrecht, Handelsrecht, Arbeitsrecht, Beteiligungsverwaltung, Compliance

Tel.: +49 (0)7531 206452

E-Mail: oliver.haag@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MICHAEL HADAMITZKY

Lehrgebiete: Logistik, Supply Chain Management, Produktion. **Forschungsgebiete:** Supply Chain Management in der Automobilindustrie, Einkaufsstrategien im Mittelstand, FuE-Benchmarking im Maschinen- und Anlagebau. **Spezielles Fachwissen:** Logistik, Fertigungsoptimierung, Einkauf, Fabrikplanung, Restrukturierung, Innovationsmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206341

E-Mail: michael.hadamitzky@htwg-konstanz.de

PROF. DR. KONSTANTIN HASSEMER

Lehrgebiete: Internationales Management, Supply Chain Management, Strategie + Kultur. **Forschungsgebiete:** Strategie und Kultur, Supply Chain Management in developing economies. **Spezielles Fachwissen:** Internationales Marketing, Beschaffungsmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206331

E-Mail: hassemer@htwg-konstanz.de

PROF. DR. OLAF HOFFMANN

Lehrgebiete: Controlling, insbesondere Projektcontrolling, Rechnungswesen, Finanzierung & Investition. **Forschungsgebiete:** Controlling von Finanzdienstleistern sowie Projektcontrolling. **Spezielles Fachwissen:** Vernetzung zwischen Controllingkonzeption und IT-spezifischer Umsetzung, Bankencontrolling, Projektcontrolling

Tel.: +49 (0)7531 206655

E-Mail: ohoff@htwg-konstanz.de

PROF. DR. KLAUS KOHLÖFFEL

Lehrgebiete: Strategische Planung. **Spezielles Fachwissen:** Strategisches Management, internationale Strategieentwicklung, Coaching von Führungskräften

Tel.: +49 (0)7531 206407

E-Mail: kohl@htwg-konstanz.de

PROF. CHRISTIAN KREKELER

Lehrgebiete: Deutsch als Fremdsprache, Fachsprache der Wirtschaft für Studierende des Studienkollegs. **Forschungsgebiete:** Fremdsprachenunterricht: Computereinsatz im Fremdsprachenunterricht, Sprachtests. **Spezielles Fachwissen:** Lehrerfortbildungen in der Moderationsmethode

Tel.: +49 (0)7531 206395

E-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ARTHUR KRÖNER

Lehrgebiete: Buchführung und Jahresabschluss, Kosten- und Leistungsrechnung, allgemeine bzw. Grundlagen der BWL; Existenzgründung, Controlling, Unternehmenskrisen. **Forschungsgebiete:** Unternehmensgründung, Kostenrechnung, (Prozesskostenrechnung), Zielsysteme. **Spezielles Fachwissen:** Total Quality Management, Gastronomie

Tel.: +49 (0)7531 206550

E-Mail: akroener@htwg-konstanz.de

PROF. DR. HEINZ MÜRDTER

Lehrgebiete: Wirtschafts- und Finanzmathematik, internationale Wirtschaftsbeziehungen. **Forschungsgebiete:** Theorie und Ge-

schichte der Globalisierung, Ökonomik der Ölförderländer, New Systems Competition. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung und Simulation in Ökonomie und Demographie

Tel.: +49 (0)7531 206442

E-Mail: muerdter@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MANFRED POLLANZ

Lehrgebiete: Betriebliches Rechnungswesen, Investition und Finanzierung, Geschäftsplanung und Unternehmensüberwachung, Internationale Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung, Management Consulting. **Forschungsgebiete:** Risikoorientierter Prüfungsansatz, Risikomanagement, Risk Adjusted Balanced Scorecard, Internationale Rechnungslegung. **Spezielles Fachwissen:** Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung, Internationale Rechnungslegung, KMU-Beratung

Tel.: +49 (0)7531 206682

E-Mail: pollanz@htwg-konstanz.de

PROF. DR. BERND RICHTER

Lehrgebiete: Allgemeine BWL, Organisation und Führung, Kommunikation. **Spezielles Fachwissen:** Führung, Personal, Kommunikation

Tel.: +49 (0) 7531 206333

E-Mail: bwl@htwg-konstanz.de

PROF. DR. JAN-DIRK ROSCHE

Lehrgebiete: Veranstaltungen im Themenbereich: Personal, Organisation, Führung, Projekt-, Team-, Selbst-Management; Inhouse- und Outdoor-Veranstaltungen. **Forschungsgebiete:** Unternehmerisch orientierte Humancapital-, Leadership- und Organisationsentwicklung und -beratung; Orientierungs-/Assessment-Center, Life- & Work-Planung, Coaching. **Spezielles Fachwissen:** Tätigkeiten und Führungsaufgaben in international tätigen Konzernen der Chemie- und Automobilindustrie im klassischen Human Resources Management, Personalmarketing sowie innovativer und strategischer Personal- und Organisations-

Aptar



MOTIVIERTE HOCHSCHULABGÄNGER M/W

Als einer der weltweit führenden Hersteller von mechanischen Sprüh- und Dosiersystemen für die pharmazeutische und kosmetische Industrie sind wir mit unseren Produkten auf allen Kontinenten vertreten. Das verdanken wir der Innovationskraft und Erfahrung unserer über 600 Mitarbeiter. Steigen Sie bei uns ein und auf – an unseren Standorten Radolfzell und Eigeltingen.

Wir sind ein Mitglied der Aptargroup.

ING. ERICH PFEIFFER GMBH
Öschlestrasse 54-56 | 78315 Radolfzell | Germany | www.aptar.com

WAS SIE MITBRINGEN

Sie haben Ihr technisches oder naturwissenschaftliches Studium erfolgreich abgeschlossen und sind nun auf der Suche nach einer neuen Herausforderung. Sie überzeugen durch Teamfähigkeit, Flexibilität, Überzeugungskraft und einer selbstständigen Arbeitsweise. Sehr gute Englischkenntnisse runden Ihr Profil ab.

WAS WIR BIETEN

Wir sind ein modernes und innovatives Unternehmen mit einer offenen Unternehmenskultur. Durch kontinuierliche Weiterentwicklung verbunden mit attraktiven Karrieremöglichkeiten binden wir unsere Mitarbeiter langfristig an das Unternehmen. Teamorientierte Arbeit ist bei uns selbstverständlich. Dennoch fördern flexible Arbeitszeiten und ein internationales Umfeld die selbstständige Arbeitsweise und bieten Freiräume für eigenverantwortliches Handeln.

WIE SIE SICH BEWERBEN

Wenn Sie in einem wachsenden und zukunftsorientierten Unternehmen eine neue Herausforderung suchen, dann informieren Sie sich auf unserer Homepage über aktuelle Stellenangebote oder senden Sie uns Ihre Initiativbewerbung per Post oder per E-Mail an karriere@aptar.com. Für Ihre Fragen steht Ihnen Kathrin Hofacker unter Telefon 07732/801-428 gerne zur Verfügung.

entwicklung, Beratungs- und Trainingserfahrung in Profit- und Non-Profit-Organisationen, Zusatzausbildungen in systemischer und gestaltpsychologischer Beratung und im Career Development

Tel.: +49 (0)7531 206403

E-Mail: rosche@htwg-konstanz.de

PROF. DR. EDMUND SCHIFFELS

Lehrgebiete: Internationales Management, Controlling/Logistikcontrolling. **Spezielles Fachwissen:** Unternehmensführung im internationalen Konzern; Finanzwesen/Controlling (Logistik); Sanierungsprojekte in kleinen Unternehmen

Tel.: +49 (0)7531 206338

E-Mail: schiffel@htwg-konstanz.de

PROF. DR. LEO SCHUBERT

Lehrgebiete: Marketing, Statistik, Unternehmensforschung, Kreativität und Ideenmanagement, International Finance Markets.

Forschungsgebiete: Kapitalmarktforschung, Kundenzufriedenheitsforschung. **Spezielles Fachwissen:** Portfoliooptimierung, multivariate Datenanalyse

Tel.: +49 (0)7531 206429

E-Mail: schubert@htwg-konstanz.de

PROF. DR. STEFAN SCHWEIGER

Lehrgebiete: Allgemeine BWL mit Schwerpunkt industrielle Projektplanung und Prozessmanagement. **Forschungsgebiete:** Supply Chain Management, Servicemanagement im Maschinen- und Anlagenbau. **Spezielles Fachwissen:** Change Management, Projektmanagement, Logistik/SCM, Servicemanagement (Maschinen-/Anlagenbau.)

Tel.: +49 (0)7531 206443

E-Mail: schweiger@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WERNER VOLZ

Lehrgebiete: Allgemeine BWL, insbesondere Finanzierung und Betriebswirtschaftliche Steuerlehre; Betreuer des Arbeitskreises „Unternehmensrechnung und Steuern“. **Forschungsgebiete:** Finanzierung und Steuern, Internationale Rechnungslegung nach International Financial Reporting Standards (IFRS), Unternehmensnachfolge und Besteuerung sowie Fragen der grenzüberschreitenden Besteuerung. **Spezielles Fachwissen:** Umstellung der Rechnungslegung von Handelsrecht auf International Financial Reporting Standards in mittelständischen Unternehmen, Erarbeitung von Unternehmensnachfolgekonzepten, Erstellung von Unternehmenswertgutachten, Entwicklung von Wegzugsbesteuerungskonzepten in Niedrigsteuergelände (CH)

Tel.: +49 (0)7531 206405

E-Mail: volz@htwg-konstanz.de

PROF. DR. HABIL. JOSEF WIELAND

Lehrgebiete: Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Wirtschafts- und Unternehmensethik. **Forschungsgebiete:** Theorie: (Internationale) Wirtschafts- und Unternehmensethik, Organisation und WerteManagement, Neue Organisationsökonomik/Institutionalistische Theorie der Firma, Angewandte Ethik/Sozialethik, Unternehmenskultur und -kommunikation, Unternehmen und Gesellschaft, Ökonomische Theoriegeschichte. Empirie: International vergleichende Forschung (Deutschland/USA/Russland) zur Entwicklung von Systemen des WerteManagements in Unternehmenskulturen (aktuelle Projekte: Werte in deutsch-russischen und deutsch-chinesischen Unternehmensbeziehungen); Organisatorische Möglichkeiten der praktischen Implementierung und Entwicklung von WerteManagement in der Unternehmenskommunikation und im Integritäts-Management (aktuelles Projekt: USA/Deutschland – Vergleich zum Werte-Management im Gesundheitsbereich). **Spezielles Fachwissen:** Fort- und Weiterbildung: Durchführung von Seminaren zu Unternehmenskultur und WerteManagement für deutsche Unternehmen.

Dozent für Unternehmensethik und -kultur der A1-Seminare der Dt. Ges. f. Personalführung (DGfP) sowie des Kontaktstudiums „Management“ und „Master of Business Communication“ der Technischen Akademie Konstanz, Leiter des Ethikforums Euregio Bodensee, der Herbstakademie Wirtschafts- und Unternehmensethik des DNWE, der Sommerakademie Wirtschaftsethik der Evang. Akademie Loccum, des Berliner Kolloquium Ökonomie und Theologie u.a. Consulting: Entwicklung und Implementierung von EthikManagement- und EthikAudit-Systemen in Unternehmen; außerdem Beratung der Yabloko Fraktion der DUMA, Moskau (Projekt Wirtschaftsethik in Russland); EU-Kommission, Brüssel (Arbeitsgruppe Education for Democratic Citizenship); Bund deutscher Arbeitgeber (BDA), Berlin (Arbeitsgruppe Code of Conduct); Kirchliche Akademie der Lehrerfortbildung, Obermarchtal (Curriculum Wirtschaftsethik für Katholische Freie Schulen in der Diözese Rottenburg-Stuttgart); u.a.

Tel.: +49 (0)7531 206404

E-Mail: wieland@htwg-konstanz.de

PROF. DR. SHARON ZAHARKA

Lehrgebiete: Wirtschaftsenglisch, Technisches Englisch, Interkulturelle Kommunikation, Landeskunde USA. **Forschungsgebiete:** Fremdsprachendidaktik: Fachsprache Wirtschaft an Hochschulen, Interkulturelle Kommunikation. **Spezielles Fachwissen:** Fachsprache Wirtschaft, Interkulturelle Kommunikation bezogen auf USA

Tel.: +49 (0)7531 206487

E-Mail: zaharka@htwg-konstanz.de



Astronauten, Jetpilotinnen, Hochseefischer, Top Models,
Hausmänner, Archäologinnen, Tierärzte, Bergführe-
rinnen, Polarforscher,

suchen wir nicht.....aber unsere Jobangebote sind

spannend und herausfordernd

Das finden Sie bei uns:

eigene Akademie **Karriere** flexible Arbeitszeit

flache Hierarchien offene Türen

Entwicklungsmöglichkeiten kostenlose Getränke

coole Projekte Company Olympics

bezahlte Überstunden **Internationaler Austausch**

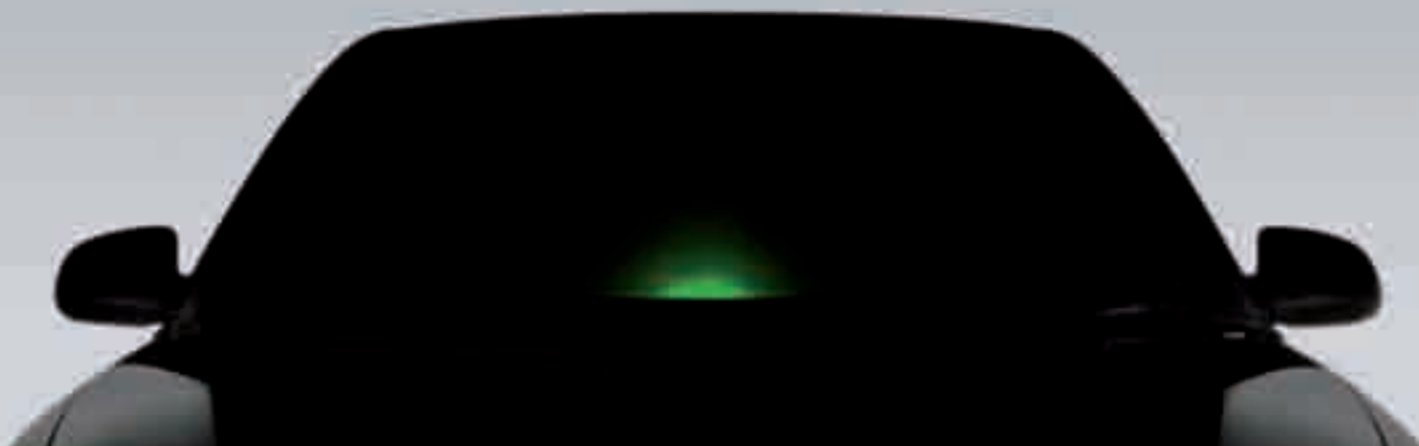
unternehmenseigener Sportverein **Teamevents**

Innovative Software

Außerdem finden Sie bei uns jede Menge offene Position im Bereich der Embedded Automotive Software-Entwicklung

Interessiert? Jan Schroer (Tel.-Nr. +49 9131-7701-7788) oder Susanne Schröder (-8877) stehen Ihnen gerne für Ihre Fragen zur Verfügung oder besuchen Sie unsere Homepage:

jobs.automotive.elektrobit.com



S3L-INVERTER: EFFIZIENZSTEIGERUNG BEI ELEKTRISCHEN ANTRIEBEN UND REGENERATIVER ENERGIEGEWINNUNG

Manfred Gekeler, Eduard Herrmann, Christian Wirth



**Prof. Dr.-Ing.
Manfred Gekeler**

vertritt an der HTWG
Konstanz die Fachgebiete
Leistungselektronik und elektrische Antriebs-
technik in Forschung und Lehre.



**Dipl.-Ing. (BA)
Eduard Herrmann**

entwickelt und unterstützt
Entwicklungen im Bereich
Leistungselektronik durch das Ingenieurbüro
h-engineering, Bad Waldsee.



B. Eng. Christian Wirth

hat während seines Master-
studiums im Masterstudi-
engang EIM an der HTWG
Konstanz als wissenschaftlicher Mitarbeiter am
Forschungsprojekt „S3L-Inverter“) mitgewirkt
und seine Masterarbeit im Rahmen dieses
Projekts angefertigt.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Im Labor für Leistungselektronik der HTWG Konstanz wurde eine neuartige Wechselrichterschaltung entwickelt und in Zusammenarbeit mit einer Partnerfirma und einem Ingenieurbüro in einem Prototypen mit einer Leistung von 20 kW erprobt. Zielsetzung ist die Effizienzsteigerung bei Wechselrichtern für elektrische Antriebe, z.B. in der Elektromobilität sowie für die Netzeinspeisung bei Photovoltaik- und Windkraftanlagen. Erreicht wurde ein exzellenter Wirkungsgrad bei gleichzeitig sehr hoher Schaltfrequenz.

2 BEDEUTUNG DER EFFIZIENZSTEIGERUNG

In der Diskussion um das Energiekonzept von morgen fällt oft ein Begriff: Effizienzsteigerung. Anders ausgedrückt: Vermeidung von unnötigen Verlusten. Denn Energie, die nicht verloren geht, muss erst gar nicht erzeugt werden. Das ist die beste Methode, Energie zu sparen.

Im Bereich der elektrischen Antriebstechnik und der Energieversorgung gibt es dazu ein viel versprechendes Feld: bei den sog. Wechselrichtern und den sog. Frequenzumrichtern. Beides sind leistungselektronische Geräte, deren Existenz dem Laien bis vor einigen Jahren weitgehend unbekannt war. Mit der aktuellen Diskussion über Elektromobilität haben es die Begriffe „Leistungselektronik“ und „Wechselrichter“ immerhin bis in die Automobilzeitschriften und damit in den allgemeinen Sprachgebrauch geschafft.

3 WECHSELRICHTER UND FREQUENZUMRICHTER

Was ist nun ein Wechselrichter, und wozu dient er? Am Beispiel eines vollelektrisch oder hybrid angetriebenen Automobils lässt sich das leicht erklären. Dort wird elektrische Energie in Batterien gespeichert. Mit deren Gleichspannung – bis zu

einigen Hundert Volt – können die Elektromotoren aber nichts anfangen. Denn diese sind als Drehfeldmotoren ausgeführt, sie benötigen somit Wechselspannungen, deren Frequenz und Effektivwert entsprechend der gewünschten Drehzahl verstellt werden müssen.

Diese Aufgabe wird von Wechselrichtern erfüllt. Das sind leistungselektronische Geräte, die eingangsseitig mit der Gleichspannung der Batterien gespeist werden und die ausgangsseitig die gewünschten Wechselspannungen liefern.

Eine etwas anders geartete Anwendung liegt im Bereich der regenerativen Energiegewinnung vor. Dies sei am Beispiel einer Photovoltaikanlage erläutert. Die Solarzellen erzeugen elektrische Energie, die wiederum als Gleichspannung bzw. Gleichstrom vorliegt. Um sie in unseren Stromnetzen nutzbar zu machen, muss sie in einen Wechselstrom mit der Netzfrequenz 50 Hz umgewandelt werden, der dann ins Versorgungsnetz eingespeist wird. Dies ist die Aufgabe eines sog. Netzeinspeisewechselrichters.

Frequenzumrichter sind sozusagen erweiterte Wechselrichter. Sie werden nicht aus einer Gleichspannungsquelle, sondern aus einem Wechsel- oder Drehstromnetz – beispielsweise dem 50 Hz Versorgungsnetz – gespeist und sollen Wechsel- oder Drehstrom einer anderen, meist einstellbaren Frequenz erzeugen. Diese Geräte der Leistungselektronik bestehen aus zwei Teilen: in einem ersten Teil, dem sog. Gleichrichter, wird aus dem speisenden Wechsel- oder Drehstromnetz eine Gleichspannung erzeugt; der zweite Teil ist dann wieder ein Wechselrichter, der hieraus Wechsel- oder Drehstrom erzeugt.

Hauptanwendung dieser Frequenzumrichter sind industrielle elektrische Antriebe. Davon gibt es mehr, als dem Laien bewusst ist. Beispiele sind Antriebsmotoren für Pumpen und Lüfter (bei Bergwerken

oft im Megawatt-Bereich), Servomotoren für Industrieroboter und Handlingmaschinen, Fahrmotoren für Automobile oder Bahnen u.v.a.m. Bemerkenswert ist die Aussage des ZVEI (Zentralverband der deutschen Elektro- und Elektronikindustrie), dass ca. 2/3 der gesamten erzeugten elektrischen Energie für Antriebszwecke verwendet werden! Da davon wiederum ein großer Teil durch Frequenzumrichter fließt, kommt deren Effizienz eine große Bedeutung zu. Der ZVEI hat errechnet, dass sich allein durch Effizienzsteigerung mehrere Großkraftwerke abschalten ließen.

Es lohnt sich also, über Effizienzsteigerung nachzudenken. Besonders deutlich wird dies bei Photovoltaikanlagen. Denn dort wird mit erheblichem Aufwand und Kosten in den Solarzellen elektrische Energie erzeugt, von der dann im Wechselrichter möglichst wenig verloren gehen soll. Deshalb ist die Rekordjagd nach immer höheren Wirkungsgraden gerade in dieser Branche zu beobachten [1], [2].

4 FUNKTIONSWEISE EINES WECHSELRICHTERS

Von mehreren Möglichkeiten, einen Wechselrichter zu konstruieren, hat sich ein Grundtyp durchgesetzt: der sog. Pulswechselrichter. Der Name rührt daher, dass er keine kontinuierliche Wechselspannung erzeugt, sondern eine gepulste Spannung, die dann noch geglättet werden muss.

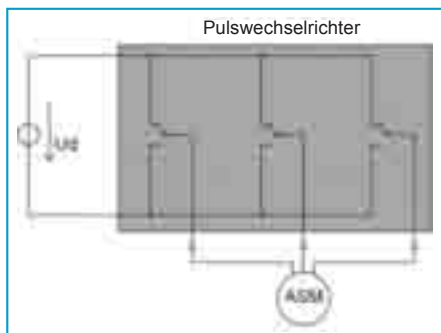


ABB. 1: Ersatzdarstellung eines konventionellen Pulswechselrichters mit mechanischen Umschaltern (ASM: Asynchronmotor)

Abb. 1 zeigt ein mechanisches Modell eines dreiphasigen Pulswechselrichters. Mit den drei Wechselschaltern können die Ausgangsklemmen wahlweise mit dem positiven oder dem negativen Anschluss der Gleichspannungsquelle verbunden werden. Damit könnte man allerdings nur eine rechteckförmige Wechselspannung herstellen. Gewünscht ist aber meist ein sinusförmiger oder sinusähnlicher Zeitverlauf mit einer Frequenz im Bereich von 0 Hz bis einige Hundert Hz. Um diesem Ziel näher zu kommen, werden die Schalter einige tausend Mal pro Sekunde (oft bis über 20 kHz) betätigt, wobei die Umschaltzeitpunkte einem sinusbewerteten Muster folgen (sog. sinusbewertete Taktverfahren). Abb. 2 zeigt beispielhaft die erzeugte gepulste Spannung. Mittels einer sog. Glättungsdrossel ergibt sich hieraus ein näherungsweise sinusförmiger Zeitverlauf des Stroms. Es gibt eine Vielzahl von Strategien für solche Taktverfahren [3], die Realisierung erfolgt meist mittels eines Digitalen Signalprozessors (DSP). Hierauf soll im Folgenden nicht weiter eingegangen werden.

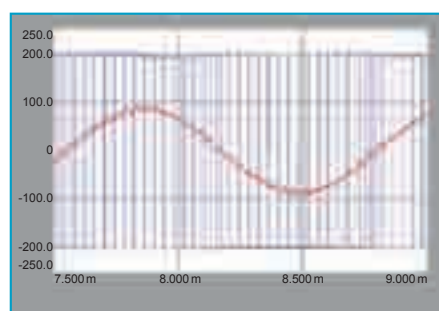


ABB. 2: Gepulste Lastspannung (blau) und Laststrom (rot)

Falls es einem begnadeten Feinmechaniker gelingen würde, mechanische Schalter herzustellen, die bei großen Werten der Gleichspannung (bis einige Tausend Volt) sehr große Ströme (bis einige tausend Ampere) zuverlässig und dauerbetriebsfest schalten können, wobei die Schaltzeitpunkte auf weniger als 1 Millionstel Sekunde (Mikrosekunde) genau stimmen

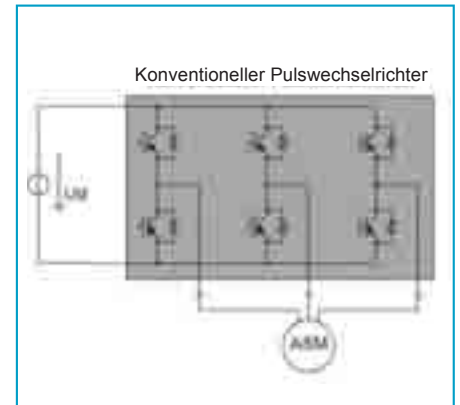


ABB. 3: Konventioneller 2-Stufen-Pulswechselrichter mit Leistungstransistoren und -dioden

müssen, wäre das ein hervorragender Wechselrichter. Geschafft hat das noch niemand. Deshalb werden anstelle dieser mechanischen Schalter elektronische Schalter eingesetzt, meist in der Form von Leistungstransistoren oder anderen Leistungshalbleiterbauelementen wie Dioden oder Abschaltthyristoren.

Abb. 3 zeigt, wie die mechanischen Wechselschalter durch jeweils zwei Leistungstransistoren mit antiparallel angeordneten Dioden gebildet werden. Dies ist die einfachste Ausführung eines 2-Stufen-Pulswechselrichters, so genannt, weil die Ausgangsklemmen nur 2 verschiedene Spannungswerte annehmen können.

4.1 Verluste im Wechselrichter

Die meisten Verluste im Wechselrichter entstehen in diesen elektronischen Schaltern. Ein idealer mechanischer Schalter hätte keinerlei Verluste (ein realer sehr wohl, da im geschlossenen Zustand Übergangswiderstände vorhanden sind und beim Schalten Funken entstehen). In den Leistungstransistoren und -dioden wird dagegen elektrische Energie in Wärme umgesetzt und geht somit verloren. Dabei lassen sich zwei verschiedene Verlustarten unterscheiden: die sog. Leitend- oder Durchlassverluste und die sog. Schaltverluste.

4.2 Durchlassverluste

Wenn einer der Leistungstransistoren oder -dioden Strom führt, dann fällt an diesen Bauteilen eine Spannung ab, die sog. Durchlassspannung. Diese ist zwar nicht hoch; sie beträgt je nach Typ ca. 0,5 V bis 3 V. Multipliziert mit dem fließenden Strom ergibt sich jedoch eine Leistung, die im Bauteil in Wärme umgesetzt wird und somit verloren ist.

4.3 Schaltverluste

Falls die Leistungshalbleiter ideal schnell vom Leitzustand in den Sperrzustand (und umgekehrt) übergehen würden, gäbe es keine Schaltverluste. Bei realen Bauteilen ergibt sich jedoch eine Übergangsphase, in der sowohl ein hoher Strom im Bauteil fließt als auch eine hohe Spannung anliegt (Abb. 4). Das Produkt aus beiden ist dann wiederum die Verlustleistung. Sie kann extrem hohe Werte annehmen, wenn auch nur für eine sehr kurze Zeit. Diese Schaltzeiten liegen im Bereich von ca. 50 ns bis 1 µs. Mit jedem Schaltvorgang wird somit eine kleine Energiemenge in Wärme umgesetzt; bei einer hohen Zahl von Schaltvorgängen je Sekunde, also bei hoher Schaltfrequenz (oft bis über 20 kHz) addieren sich diese aber zu einer ganz erheblichen mittleren Verlustleistung, die oftmals deutlich höher ist als die Durchlassverlustleistung [4].

Die Durchlassverluste hängen ausschließlich von den Eigenschaften der Leistungshalbleiter ab. Hier sind physikali-

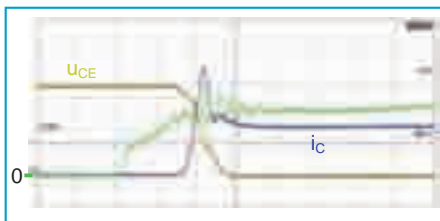


ABB. 4: Zustandekommen der Schaltverluste: Spannung (U_{CE} , orange; 200 V/div.) und Strom (I_C , blau; 50 A/div.) treten beim Schalten kurzzeitig gleichzeitig auf.

sche Grenzen vorhanden. Anders bei den Schaltverlusten: Zum einen dominieren sie häufig die gesamten Verluste, zum anderen können sie durch Schaltungsmaßnahmen prinzipiell vermieden werden. Es lohnt sich also, darüber nachzudenken.

5 VERMEIDUNG VON SCHALTVERLUSTEN: BAUTEILE ODER TOPOLOGIE

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, Schaltverluste zu reduzieren: durch Verbesserung der Bauteileigenschaften oder durch innovative Schaltungstechnik. Beides war und ist aktuell Gegenstand der technischen Entwicklung.

5.1 Verbesserung der Bauteileigenschaften

Wie oben ausgeführt, ist die Energie, die bei einem einzelnen Schaltvorgang im Bauteil in Wärme umgesetzt wird, abhängig von der Dauer dieses Schaltvorgangs, also von der Schaltzeit. Gelingt es, diese Schaltzeit zu verkürzen, werden die Schaltverluste kleiner.

Dazu gibt es viel versprechende Ansätze: seit wenigen Jahren ist ein neues Halbleitermaterial im Einsatz: Silizium-Karbid (Silicon Carbide, SiC). Gegenüber den heute noch vorherrschenden Silizium (Si) Bauteilen können damit die Schaltzeiten deutlich verringert werden. Viele der aktuell berichteten Wirkungsgradsteigerungen bei Photovoltaikwechselrichtern beruhen auf dem Einsatz von SiC-Dioden und – seit kurzem – SiC-Transistoren. Letztere sind allerdings noch weit von einer Serienreife entfernt, und die Preise liegen um ein Vielfaches höher als bei den „klassischen“ Si-Bauteilen.

5.2 Schaltungstopologien

Auch was die Schaltungstechnik (oft „Schaltungs-Topologien“ oder kurz „Topologien“ genannt) angeht, wurden in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Bei einphasigen Photovoltaik-

wechselrichtern werden beispielsweise die „Heric-Topologie“ oder die „H5-Topologie“ erfolgreich eingesetzt; bei dreiphasigen hat die Multilevel-Technik Fortschritte gebracht [1].

An der HTWG Konstanz wurde in den letzten zwei Jahren eine neuartige Multilevel-Topologie entwickelt und erfolgreich in einem Prototypen mit herausragenden Eigenschaften umgesetzt. Diese Innovation wurde 2010 zum Patent angemeldet; bereits 2011 wurde das Patent erteilt [5]. Im Folgenden sollen der Werdegang, die Funktionsweise und die Ergebnisse dargestellt werden.

6 NEUARTIGER WECHSELRICHTER IN 3-STUFEN-TECHNIK MIT ENTLASTUNGSNETZWERK – SOFT SWITCHING THREE LEVEL INVERTER WITH SNUBBER CIRCUIT (S3L-INVERTER)

6.1 Entstehungsgeschichte

Die Idee wurde 2009 geboren: Man nehme eine an sich bekannte Ausführung eines Multilevel-Wechselrichters, einen 3-Stufen-Pulswechselrichter, der für sich allein schon günstige Eigenschaften hinsichtlich der Effizienz bietet (Abb. 5). Dann füge man eine Zusatzschaltung hinzu, die aus wenigen kostengünstigen Bauelementen besteht. Dies führt zu einer weitgehenden Entlastung der Transistoren und

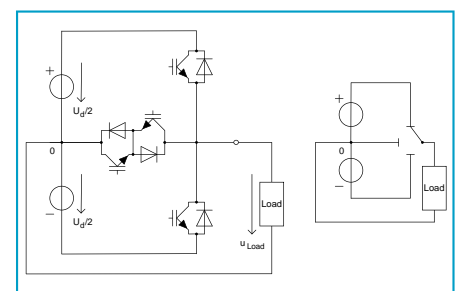


ABB. 5: 3-Stufen-Pulswechselrichter; dargestellt: 1 Phase
links: Ausführung mit Leistungstransistoren und -dioden; rechts: Ersatzdarstellung mit 3-stufigem mechanischen Umschalter

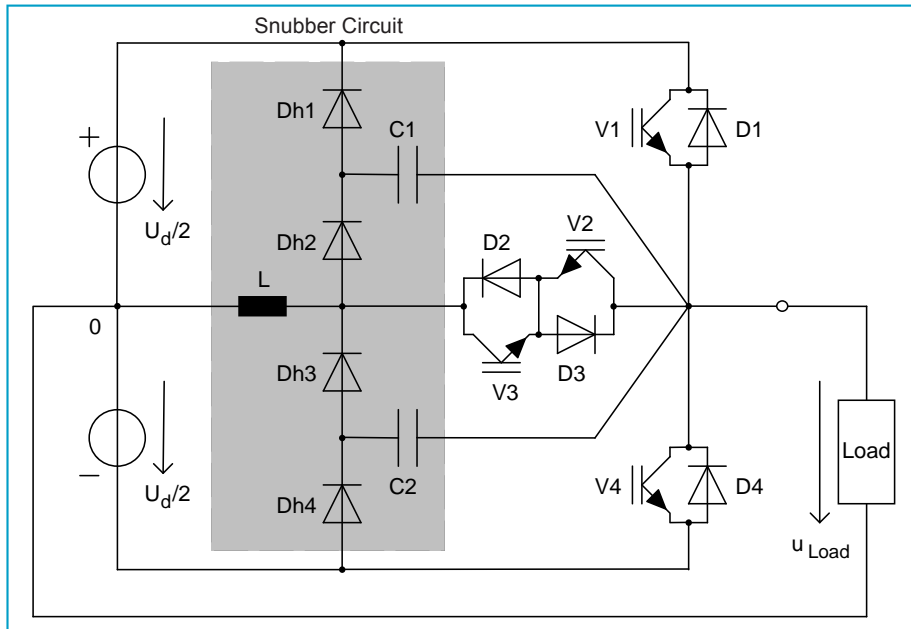


ABB. 6: Neuartiger 3-Stufen-Pulswechselrichter mit Entlastungsnetzwerk
Soft Switching Three Level Inverter with Snubber Circuit (S3L-Inverter)

Dioden von Schaltverlusten; man spricht deshalb von einem Entlastungsnetzwerk.

Abb. 6 zeigt das Schaltbild einer Phase eines solchen „3-Stufen-Pulswechselrichters mit Entlastungsnetzwerk“. Die Transistoren V1 bis V4 und die Dioden D1 bis D4 bilden einen bekannten 3-Stufen-Pulswechselrichter gemäß Abb. 5. Neu hinzugekommen ist das grau unterlegte Netzwerk, das aus einer Spule L, zwei Kondensatoren C1 und C2 sowie vier Dioden D1 bis D4 besteht. Diese Bauteile sind, verglichen mit den sonstigen Komponenten eines Pulswechselrichters, klein und preisgünstig.

Diese Schaltungsanordnung wurde zunächst theoretisch sowie mit Hilfe der Schaltungssimulation umfassend untersucht. Da die Ergebnisse viel versprechend aussahen, wurde ein erstes Funktionsmuster im Rahmen einer Bachelorarbeit [6] aufgebaut. Die messtechnische Untersuchungen bestätigten die Erwartungen. Da eine Literaturrecherche ergab, dass die Topologie bislang unbekannt war, hat die

HTWG eine Patentanmeldung in Auftrag gegeben.

Jetzt wurde die Industrie aufmerksam. Mit einer Firma aus dem Großraum Stuttgart, die hier nicht genannt werden soll, wurde eine Kooperationsvereinbarung getroffen. An der HTWG arbeitete der Masterstudent Christian Wirth als wissenschaftlicher Mitarbeiter an diesem Projekt. Unterstützt wurde die Entwicklung durch Eduard Herrmann vom Ingenieurbüro h-engineering in Bad Waldsee. Mit diesem Team wurde an der HTWG der Prototyp eines dreiphasigen Wechselrichters mit einer Leistung von 20 kW entwickelt.

6.2 Funktionsweise

Die Funktionsweise ist sehr komplex und kann daher nur qualitativ beschrieben werden.

Aufgrund der Spule in der Entlastungsschaltung (Snubber Schaltung) werden alle Stromänderungen beim Ein- oder Ausschalten der Leistungstransistoren ver-

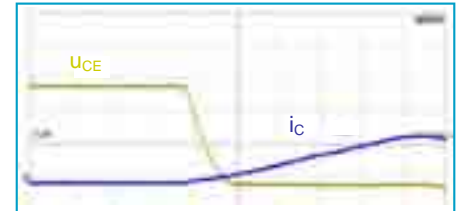


ABB. 7: „Weicher“ Schaltvorgang des S3L-Inverters mit deutlich reduzierten Schaltverlusten; vgl. Abb. 4

langsamt. Wird beispielsweise der Transistor V1 ausgeschaltet und V3 eingeschaltet, steigt der Strom in V3 nur mit limitierter Anstiegsgeschwindigkeit di/dt an (Abb. 7); deshalb können nur sehr geringe Schaltverluste entstehen. Dies gilt für sämtliche Ein- und Ausschaltvorgänge.

Zusätzlich werden bei Ausschaltvorgängen die Spannungsänderungen verlangsamt. Ursache dafür sind die beiden Kondensatoren in der Snubber Schaltung. Wird beispielsweise der Transistor V1 ausgeschaltet, steigt die Spannung an V1 nur mit limitierter Anstiegsgeschwindigkeit du/dt an; dies reduziert die Schaltverluste weiter und verbessert die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).

Solche Schaltvorgänge werden oft als „Weiches Schalten (Soft Switching)“ bezeichnet mit den Varianten „ZVS (Zero Voltage Switching)“ und „ZCS (Zero Current Switching)“ [4].

Eine detaillierte Analyse der Funktionsweise ist in [5], [7] und [8] zu finden.

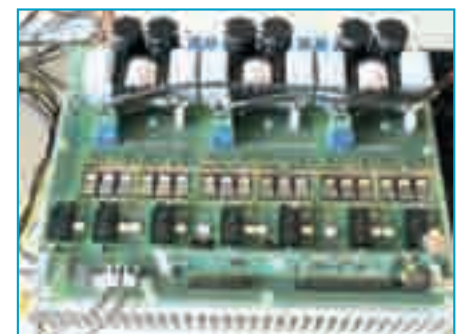


ABB. 8: Prototyp des neuen S3L-Inverters 20 kW, 1000 VDC, 29 Aeff

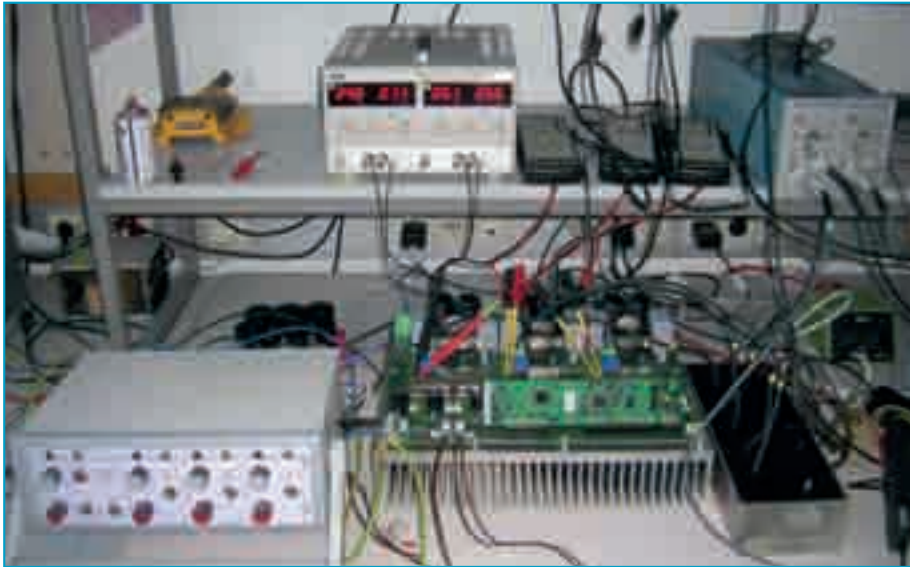


ABB. 9: Versuchsaufbau: links: Elektronische Sicherung; mitte: S3L-Inverter; rechts: Glättungsdrössel zur Netzzeinspeisung

7 AUFBAU

Abb. 8 zeigt den Prototypen des Wechselrichters mit einer Leistung von 20 kW. Die Eingangsgleichspannung beträgt bis 1000 V, die Ausgangsströme bis 29 Aeff. Im Hintergrund sind Kondensatoren erkennbar, die die Eingangsspannungen glätten und die von den Transistoren hervorgerufenen hochfrequenten Ströme aufnehmen. Die Leistungstransistoren und -dioden werden in den Aussparungen der Leiterplatte mit Metallklammern auf den darunter liegenden Kühlkörper gepresst. Im Vordergrund sind die sog. Treiberschaltungen erkennbar, die die Steuersignale für die Leistungstransistoren erzeugen sowie

– als senkrecht stehende Platine – eine DSP-basierte Steuereinheit. Die Komponenten der Entlastungsschaltung sind die kleinen Bauteile in der Nähe der weißen Beschriftung.

Abb. 9 zeigt den gesamten Versuchsaufbau, mit dem bei einer Eingangsgleichspannung von 750 V eine Ausgangsleistung von 20 kW erzielt wurde.

8 ERGEBNISSE UND AUSBLICK

Abb. 10 zeigt die gemessenen Wirkungsgrade bei zwei verschiedenen Werten der Schaltfrequenz. Bemerkenswert sind insbesondere die hervorragenden Werte bei der hohen Schaltfrequenz 32 kHz.

Der S3L-Inverter ist daher und aus anderen Überlegungen besonders geeignet für Anwendungen mit Leistungen oberhalb von ca. 20 kW bis in den MW-Bereich, wenn gleichzeitig sehr hohe Werte der Schaltfrequenz gefordert sind.

Kann die Kombination der Schaltungstechnik des S3L-Inverters mit den ver-

besserten Bauteileigenschaften von SiC-Transistoren die Ergebnisse noch weiter steigern? Dieser nahe liegenden Frage wird derzeit nachgegangen. Darüber hinaus werden weitere Einsatzmöglichkeiten, z.B. bei Mittelspannungs-Wechselrichtern in IGCT-Technik, derzeit untersucht.

LITERATUR

- [1]: Burger, Bruno; Kranzer, Dirk: Extreme High Efficiency PV-Power Converters; EPE (European Conference on Power Electronics and Applications) 2009; August 2009, Barcelona
- [2]: Nuber, Markus: Solarwechselrichter mit Wirkungsgrad größer 99 % ? ; Masterarbeit HTWG Konstanz, Juli 2011
- [3]: Jenni, Felix; Wüest, Dieter: Steuerverfahren für selbstgeführte Stromrichter: B.G. Teubner Stuttgart 1995; ISBN 3-519-06176-7
- [4]: Application Handbook IGBT and MOSFET Power Modules, Chapter 3.8 "Soft Switching", Semikron International 1998, ISBN 3-932633-24-5
- [5]: 3-Stufen-Pulswechselrichter mit Entlastungsnetzwerk; Deutsches Patent DE 10 2010 008 426 B4; Anmeldetag: 18.02.2010; Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 01.09.2011; Patentinhaber: Hochschule Konstanz; Erfinder: Manfred W. Gekeler
- [6]: Deitigsmann, Tobias; Soft Switching Three Level Inverter; Bachelorarbeit HTWG Konstanz, Februar 2010
- [7]: Gekeler, Manfred W.: Soft Switching Three Level Inverter with Passive Snubber Circuit (S3L Inverter); EPE (European Conference on Power Electronics and Applications) 2011; August 2011, Birmingham, UK
- [8]: Gekeler, Manfred W.: Weich schaltender 3-Stufen-Pulswechselrichter mit verlustfreiem Entlastungsnetzwerk (Soft Switching Three Level Inverter with non-dissipative Snubber Circuit (S3L-Inverter)); VDE ETG Kongress November 2011, Würzburg

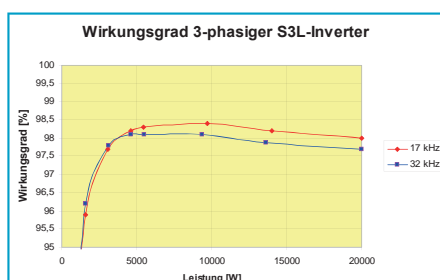


ABB. 10: Wirkungsgrad des S3L-Inverters bei Schaltfrequenz 17 kHz und 32 kHz

Verdichten Sie Ihre Ideen.

Innovative Technologie von MAN Diesel & Turbo.



Marine Power Plants Turbomachinery PrimeServ www.mandieselturbo.com

Die MAN Diesel & Turbo Gruppe gehört zu den «top 3» der weltweit führenden Hersteller von Turbomaschinen. In einem einzigartigen Produkt-Portfolio von Kompressoren, Turbinen und Expandern verbindet sich innovative Technologie mit hoher Verfügbarkeit. Komplett montiert und mit Gewichten bis ca. 600 Tonnen sind diese Maschinenmodule das Herz von Anwendungen in der Öl- und Gasindustrie, der Chemie und Petrochemie, der Luftzerlegung und Energieerzeugung rund um den Globus. Als Arbeitgeber bietet MAN Diesel & Turbo ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten im In- und Ausland. Sie sind engagiert und haben ehrgeizige Ziele? Starten Sie jetzt den Turbo für Ihre Karriere und bewerben Sie sich.

Engineering the Future – since 1758.

MAN Diesel & Turbo



MAN Diesel & Turbo Schweiz AG • Personalabteilung • Hardstrasse 319 • 8005 Zürich • Tel. 044. 278-2211 • info@ch.manturbo.com

HOCHAUFLÖSENDE FARB-3D-MESSTECHNIK

Bernd Jödicke, Trendafil Ilchev



Prof. Dr.-Ing. Bernd Jödicke
leitet das Lichtlabor innerhalb des Instituts für Optische Systeme an der HTWG

Konstanz. Schwerpunkte der Forschungsarbeit sind die Optimierung und der Einsatz leistungsfähiger LED-Leuchten in Industrie und Kommunen sowie die spektrale Licht- und Farbmessstechnik.



Trendafil Ilchev
hat sein Masterstudium Mechatronik an der HTWG Konstanz abgeschlossen.

Derzeit arbeitet er am Institut für Optische Systeme an der HTWG Konstanz in Zusammenarbeit mit der Firma Chromasens, Konstanz an einem Verfahren zur Gewinnung von 3D-Informationen mit Hilfe von Zeilenkameras.

1 STAND DER TECHNIK

Verfahren zur berührungslosen optischen Oberflächenvermessung dreidimensionaler Objekte gewinnen beim heutigen Stand der Technik zunehmend an Bedeutung. Zur Erfassung der Oberflächenform und zum Erkennen von Oberflächenfehlern existiert ein breites Spektrum an Anwendungen, das von einer Vielzahl unterschiedlicher Verfahren [1] abgedeckt wird. Wichtige Systemparameter insbesondere bei Anwendungen im industriellen Fertigungsprozess sind die Geschwindigkeit und das Auflösungsvermögen der 3D-Vermessung in Bezug auf die Größe der zu erfassenden Oberfläche. Den etablierten Messverfahren auf der Basis von Matrixkameras sind diesbezüglich enge Grenzen gesetzt. Allgemeine Zielstellung ist es, Verfahren zu entwickeln, die durch den Einsatz von Zeilensensoren die Geschwindigkeit und das Auflösungsvermögen der optischen 3D-Vermessung für spezielle Anwendungen signifikant erhöhen. Es sollen damit neue Einsatzgebiete erschlossen werden, die mit der momentan verfügbaren 3D-Messtechnik nicht abgedeckt werden können.

Eine erste technische Grundlage des hier beschriebenen Verfahrens wurde durch die Entwicklung eines Zeilensensorsystems geschaffen, das bei einer lichtstarken Zeilenbeleuchtung und paralleler Datenverarbeitung bereits sehr hohe Datendurchsätze erzielt. Ein Demonstrator des Systems wurde an der HTWG im INM Labor G 241 praktisch realisiert. Die Hard-

ware zur Bilderzeugung besteht im Wesentlichen aus einer Anordnung von zwei koplanar ausgerichteten Zeilenkameras. Durch die Anordnung der Zeilenkameras unterscheidet sich dieses System zu bestehenden Systemen, bei denen die Kameras hintereinander angeordnet sind. Durch den Einsatz trilinearärer Zeilenkameras wird zunächst ein kontinuierlicher Datenstrom von RGB-Stereo-Farbzeilen erzeugt. Die Software berechnet daraus eine farbig texturierte 3D-Oberfläche mit hoher Ortsauflösung. Eine schematische Darstellung der Systemstruktur ist in Abbildung 1 und in Abbildung 2 dargestellt.

Aus dem Einsatz von Zeilensensoren ergibt sich ein grundlegend neuartiger Verfahrensansatz. Insbesondere werden durch die Zeilensensoren Probleme wie der Lichtabfall zum Rand, die Mehrfachmessungen bei großen Messflächen sowie die geringe laterale Auflösung gelöst. Das System zeichnet sich durch eine hohe Messgeschwindigkeit, hohe Ortsauflösung sowie durch eine zeitgleiche und hochauflösende Farberfassung aus. Das Alleinstellungsmerkmal dieses Systems liegt in dem gleichzeitigen Erfassen von Oberflächen in ihrer geometrischen 3D-Form und in ihrer Farbe. Durch die zusätzliche Farbinformation können neue Gebiete in der Qualitätsprüfung erschlossen werden. Wenn eine hohe mechanische Stabilität zusammen mit einer robusten Kalibrierung des Systems erreicht sind, bietet sich sogar die Möglichkeit, die Algorithmen für die Generierung der 3-D-Form mit Farbe auf FPGA Basis umzusetzen.

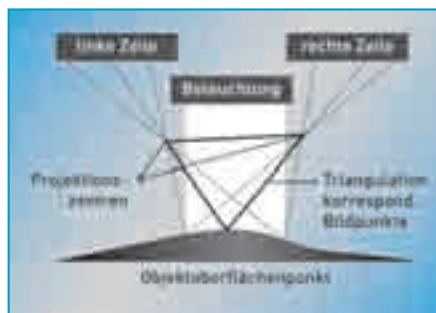


ABB. 1: Interner Aufbau des Zeilensensorsystems



ABB. 2: Äußeres Scanprinzip

2 BESCHREIBUNG KAMERASYSTEM

2.1 Mechanischer und optischer Aufbau des Systems

Der Hardwareaufbau und seine wichtigsten Komponenten sind in Abbildung 3 dargestellt. Ein Grundgerüst (rechts abgebildet) bestehend aus Aluminiumprofilen trägt alle Komponenten. Dieses Grundgerüst besitzt durch seine hohe Steifigkeit hohe Eigenfrequenzen, so dass der Einfluss der Eigenbewegung bei Störungen auf die Messung möglichst minimiert wird. Am oberen Ende des Aufbaus sind zwei Kameraköpfe, mit allen für eine koplanare Ausrichtung notwendigen Justiermöglichkeiten, angebracht. Die Objektaufnahmen entstehen durch synchrone Ansteuerung der montierten Kameras.

Unser Laboraufnahmesystem besteht aus zwei Kameras, die mit trilinearen Zeilensensoren (7300 Pixel) und 90-mm-

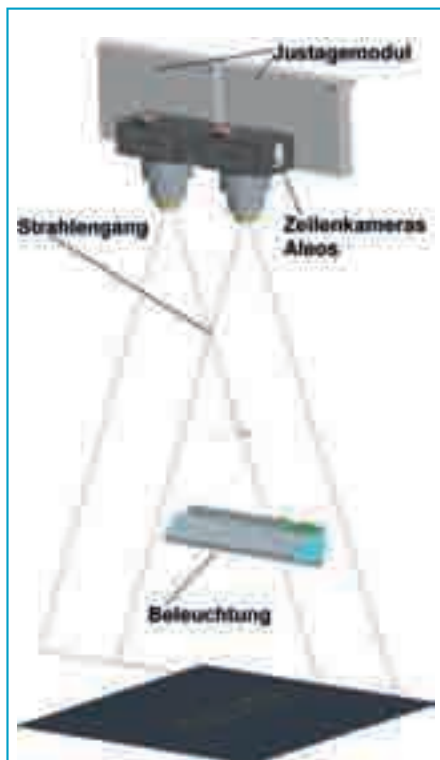


ABB. 3: Schema des Messaufbaus

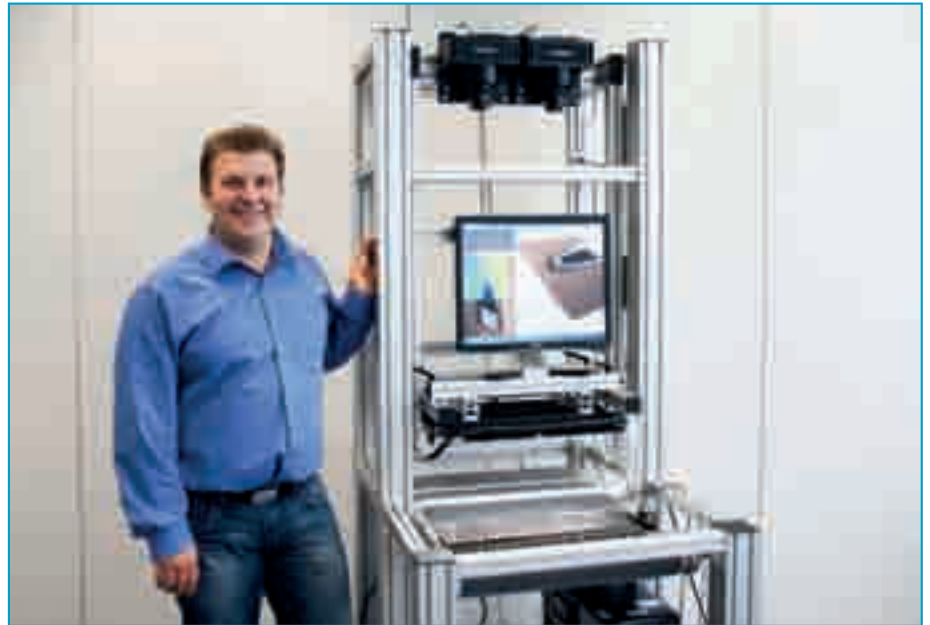


ABB. 3.1: Messaufbau zur 3D-Erfassung

Objektiven bestückt sind. Bei einem Abbildungsverhältnis von 1:10 stellt sich eine laterale Auflösung von 254 dpi ein. Der gemeinsame Überdeckungsbereich auf dem Messobjekt ist 500 mm breit und die Basisbreite beträgt 200 mm. Das System ist in weiten Bereichen skalierbar, so dass auch andere Auflösungen und Scannbreiten realisiert werden können.

Mittig im Aufbau ist ein „led line“-Beleuchtungsmodul positioniert, das ausreichende Strahlungsleistung liefert und damit sehr kurze Integrationszeiten bei der Bildaufnahme ermöglicht. Ein Lineartisch bewegt das Messobjekt über einen 450 mm langen Verfahrweg und erzeugt damit die benötigte Scanbewegung. Um den Bewegungsablauf in Scanrichtung während der Aufnahme rekonstruieren zu können, wurde an der Motorachse ein Encoder angebracht, über den auch die Kameras getriggert werden.

Eine wichtige Grundeigenschaft des optischen Systems ist die koplanare Ausrichtung beider Sensoren zusammen mit den zugehörigen Optiken im Raum. Für

diesen Zweck wurde eine feinjustierbare Stellvorrichtung für jeden Kamerakopf entwickelt. Die Stelleinrichtung besteht aus einer Platte, in deren geometrischer Mitte ein Drehgelenk angebracht ist. In den oberen zwei Ecken befinden sich Justierschrauben mit Druckfedern. Dies erlaubt eine Drehbewegung der Kameras um die X- und um die Y-Achse, wobei die Drehbewegung durch eine Translationsbewegung in Z-Richtung überlagert wird. In Summe werden durch die Stellvorrichtung drei Freiheitsgrade abgedeckt. Mit dieser vergleichsweise einfachen Konstruktion ist es möglich, die Kameras nahezu koplanar auszurichten.

2.2 Implementiertes Verfahren

Vorab erfolgen offline die Einrichtung, Justage und Kalibrierung des Messsystems. Anschließend können Messobjekte online und mit der Bewegung schritthaltend (d.h. in Echtzeit) vermessen werden. Hierzu werden die Bilddaten der trilinearen Farbzeilenkameras zunächst rektifiziert, wobei die Farbkanäle Rot, Grün und Blau so korrigiert werden, dass sie in beiden Kamerabil-

dern exakt übereinanderliegen (Farbsaumkorrektur) und korrespondierende Punkte zwischen den Kamerabildern jeweils in einer Bildzeile liegen (Epipolarbedingung). Das entstehende Bild wird für die spätere Texturierung der 3D-Oberfläche gepuffert. Anschließend werden pixelweise die Mittelwerte aus Rot-, Grün- und Blaukanal berechnet, um für jede Kamera ein rektifiziertes Grauwertbild mit geringerem zeitlichen Rauschen zu erhalten.

Die rektifizierten Grauwertbilder dienen als Basis für das nun folgende Korrelationsverfahren zur Suche korrespondierender Punkte, die in Form einer Disparitätskarte geliefert werden. Als Disparität wird hierbei der Versatz eines Oberflächenpunktes zwischen linkem und rechtem Kamerabild bezeichnet. Sie ist in etwa umgekehrt proportional zum Abstand des Objektpunktes zum Kamerasystem. Die Disparitätskarte enthält entweder die gemessene Disparität oder einen entsprechenden Fehlerstatus, wenn für eine gegebene Pixelposition keine Disparität berechnet werden konnte. Das zuvor gepufferte Farbtexturbild und die Disparitätskarte liegen am Ende präzise übereinander, so dass eine echte Ergänzung der Aufnahmen durch den Disparitätskanal erfolgt. Auf die Disparitätskarte können optional Ausreißerbeseitigungs- und Glättungsoperatoren angewendet werden. Für viele Anwendungen reicht eine solche Disparitäts- oder Tiefenkarte bereits aus. Wenn gewünscht, lässt sich aus der Disparitätskarte jederzeit eine texturierte 3D-Punktwolke berechnen und in einem OpenGL-Fenster aus verschiedenen Ansichten darstellen. Das ganze Verfahren ist unter Verwendung von Ringpuffern implementiert und erlaubt so „Streaming“-Betrieb, also eine kontinuierliche Verarbeitung, z.B. am laufenden Band einer Produktionsanlage.

2.3 Korrelationsverfahren

Voraussetzung für den Start des Korrelationsverfahrens ist die bereits genannte

Rektifizierung der Kamerabilder. Im Sinne einer effizienten Programmierung können die dafür erforderlichen Abtastpunkte vorab in Tabellen gespeichert werden. Zur Berechnung dieser Tabellen dienen die offline gewonnenen Kalibrierdaten. Zur Reduktion des Suchaufwandes bei gleichzeitiger Rauschreduktion werden für unseren Korrelationsalgorithmus nur Grauwertbilder aus dem Mittelwert der drei Farbkanäle verwendet.

Wir nutzen die Normierte Mittelwertfreie Kreuzkorrelationsfunktion (KKFMF) mit:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^N [(a_i - \bar{a}) \cdot (b_i - \bar{b})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (a_i - \bar{a})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (b_i - \bar{b})^2}} \quad (\text{Formel 1.1})$$

als Ähnlichkeitskriterium, wobei a_i und b_i die Grauwerte bezüglich Pixel i des Referenzfensters in Kamerabild A bzw. des entsprechenden Matchingkandidaten in Kamerabild B sind (\bar{a} und \bar{b} sind die mittleren Grauwerte über alle Pixel $i = 1, 2, \dots, N$, wobei N sich aus Höhe x Breite ergibt).

Die Berechnung der KKFMF ist zwar etwas aufwendiger als z.B. die häufig verwendete Summe der absoluten Differenzen (SAD), aber unsere Anwendungen zielen auf eine hohe Qualität und Genauigkeit ab, was den Mehraufwand rechtfertigt. Die Berechnung des Korrelationsvolumens (Bildbreite x Bildhöhe x Disparitätsbereich) kann durch Umstellen der klassischen Gleichung (1.1) sehr effektiv erfolgen (Abschnitt 3).

Für jede Pixelposition werden das Korrelationsmaximum und die gefundene Disparität gespeichert. Die Speicherung erfolgt in einem Ringpuffer, so dass nicht nur auf das Korrelationsmaximum, sondern auch auf die Korrelationswerte der Vorgänger und Nachfolgerdisparität zugegriffen werden kann. Aus dem Korrelationsmaximum, seinem Vorgänger und seinem Nachfolger

lässt sich durch Fitting einer Parabel Subpixelgenauigkeit erzielen, sofern die Oberflächengradienten (relativ zur Aufnahmerichtung) klein sind [2].

3 OPTIMIERTE BERECHNUNGSMETHODIK AUF SPEZIELLER HARDWARE

Mit der heute verfügbaren Hardware lassen sich 100 Millionen Tiefenwerte je Sekunde berechnen. Einen Teil der Vorverarbeitung könnte bereits auf dem FPGA² der Kamera implementiert werden. Dazu gehören die Korrektur des Festmuster-Rauschens und die Rektifizierung (Farbversatz). Die Suche nach korrespondierenden Bildpunkten (Disparitätsberechnung) und die 3D-Punktberechnung aus den Tiefenkarten erfolgen blockweise und massiv parallel auf gegenwärtig verfügbaren Grafikkarten (GTX580). Der Code wurde mit der für CUDA³ verfügbaren Entwicklungsumgebung erstellt. CUDA-SDK erlaubt die Programmierung in C-ähnlichem Programmierstil. Allerdings sind bestimmte Randbedingungen einzuhalten, damit der Code auf dem Grafikprozessor auch wirklich effektiv abgearbeitet werden kann. Um die verfügbare Speicherbandbreite auf der Grafikkarte effektiv zu nutzen, werden die Eingangsbilddaten zunächst blockweise transponiert. In diesem Fall erfolgt die Suche nach den Disparitäten nicht mehr spaltenweise sondern zeilenweise, was einen sehr schnellen Zugriff auf die Bilddaten ermöglicht. Zur effektiven Berechnung des Korrelationsvolumens ist Gleichung (1.1) nicht direkt geeignet, weil das Abziehen der Mittelwerte innerhalb der Summen erfolgt und das wiederum eine Neuberechnung der Summe für jede Pixelposition erfordert. Nach [3] kann jedoch mit Gleichung (1.2) der Zähler in Gleichung (1.1) ersetzt werden. Damit ist es möglich, das Abziehen der entsprechend skalierten Mittelwerte auch nach der Summierung durchzuführen (siehe Gleichung (1.2)), wobei Mittelwerte \bar{a} , \bar{b} und die beiden Wurzeln im Nenner von Gleichung (1.1) nur

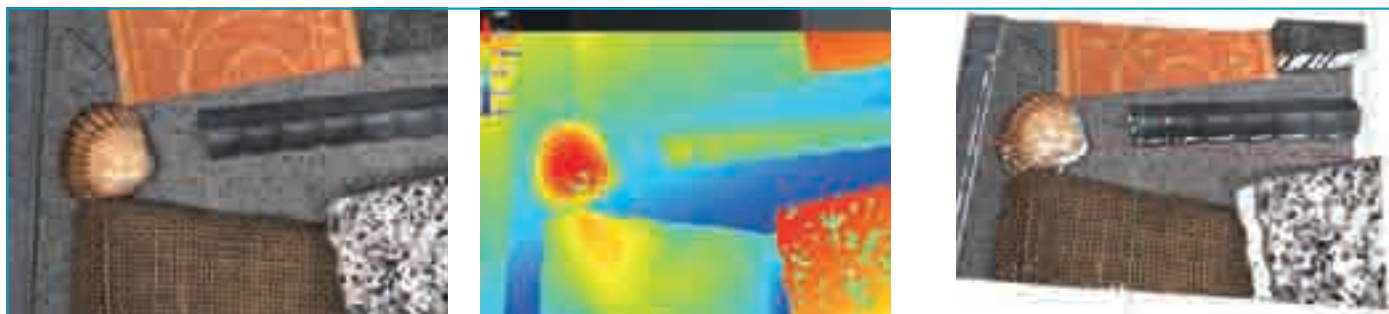


ABB. 4: Unterschiedliche Objekte lassen sich mit dem Verfahren vermessen. Von links nach rechts 2D-Aufnahme, in Falschfarben kodierte Tiefenkarte, 3D-Darstellung der gemessenen 3D-Punktwolke zusammen mit der Textur

einmal je Bildpaar berechnet und dann für die spätere Verwendung abgespeichert werden.

$$\sum_{i=1}^N ((m_i - \bar{m}) + (h_i - \bar{h}))^2 = \sum_{i=1}^N (m_i^2 + h_i^2) - 2N \cdot \bar{m} \cdot \bar{h} \quad (\text{Formel 1.2})$$

4 AUFZÄHLEN VON MÖGLICHEN ANWENDUNGSFELDERN UND KOOPERATIVEN OBERFLÄCHEN

Eine nahe liegende Anwendung für die 3D-Technologie in Farbe ist das Zusammenpassen von Farbaufdruck und Form auf eine in die Oberfläche geprägte und bedruckte 3D-Form (z.B. hochwertige Kosmetikverpackung, Spielzeugwaren, Folientastatur etc.). Weitere Anwendungen sind Holz und Holzzeugnisse, Fliesen, Steinplatten, furnierte Oberflächen und ähnliches. Bearbeitete metallische Oberflächen lassen sich auch mit diesem Messsystem vollflächig vermessen. In Abbildung 4 sind Beispielobjekte mit dem Prototyp des Systems gemessen und dargestellt. Obwohl das Verfahren über die Eigenstruktur der Oberflächen passiv funktioniert, findet sich bei fast allen natürlichen Materialien genügend Textur, um eine zuverlässige Korrelation durchführen zu können. In den sehr fein aufgelösten Aufnahmen werden die korrespondierenden Bildpunkte zuverlässig gefunden und die Flächen lassen sich gut vermessen.

5 AUFZEIGEN DER SCHWIERIGKEITEN BEI KALIBRIEREN UND JUSTIEREN EINES SYSTEMS MIT ZWEI KAMERAS

Die zeitliche Invarianz der Ausrichtung beider Kameras zu einander hat eine immense Bedeutung – für die Qualität der 3D Berechnung. Bei dem in Abbildung 3 vorgestelltem System handelt es sich um ein Laborsystem, dessen Kameraeigenschaften durch äußere Einwirkung nachhaltig beeinflusst werden können. Wenn z.B. die innere Orientierung der Kameras durch thermische Effekte geändert wird, müssen die zwei Kameras mit Hilfe der Justageeinrichtung manuell zu einander im Raum neu justiert werden. Um das System für den industriellen Einsatz zu vervollständigen, bedarf es an Methoden und Verfahren, mit deren Hilfe das System vollautomatisch nachjustiert und kalibriert wird. Typische Störgrößen, die auf das System Einfluss nehmen, sind Temperaturschwankungen und Schwingungen.

6 BESCHREIBUNG DES ANSATZES

Bei Stereo-Zeilenkameras ist die Abbildung auf nur eine Dimension beschränkt, sodass für eine Zeilenkamera das Self-Localisation-Problem nicht lösbar ist. Es sind immer zusätzliche Sensoren notwendig, über die es lösbar wird. Das oben angesprochene Stereosystem besteht aus zwei Farbzeilenkameras, die über einen Justagemodul im Raum zueinander ausgerichtet

werden. Jede Kamera beinhaltet einen trilinearen Farbzeilensensor und einen 90-mm-Objektiv. Die Sensorzeile nutzt in der Kamera nur einen kleinen Teil des Objektivs und einen kleinen Teil der Kameragehäuse. Der neue Ansatz sieht vor, dass in jede Kamera zusätzlich einer zweiter Standardflächensensor eingebracht wird (Abbildung 5). In einer Kamera ist dieser Flächensensor mit dem Zeilensensor auf eine gemeinsame einfache, aber stabile mechanische Plattform montiert. Die Position des Flächensensors ist so gewählt, dass es schräg durch das Projektionszentrum des Zeilenkameraobjektivs ein Passpunktfeld anvisiert (Abbildung 5). Für den Flächensensor in der zweiten Kamera gilt die gleiche Anordnung. Mit diesem Aufbau werden zwei Stereosysteme (Zeilensystem und Flächensystem) dazu gebracht, ein gemeinsames Gehäuse und Optik zu benutzen. Somit wirkt sich jede mechanische, thermische oder optische Änderung auf beide Systeme aus. Da das Flächensensorsystem kontinuierlich nur das Passpunktfeld betrachtet, können aus jedem seiner Bildpaare Informationen über die momentane Lage der Komponenten im System gewonnen werden. Diese Information kann als Eingangsgröße für die Positionsregelung der Optik dienen. Somit könnten mit diesem System die Kameraparameter in einem bestimmten Bereich geregelt werden.

In Abbildung 6 ist in Form eines Blockschaltbildes der Informationsfluss des er-

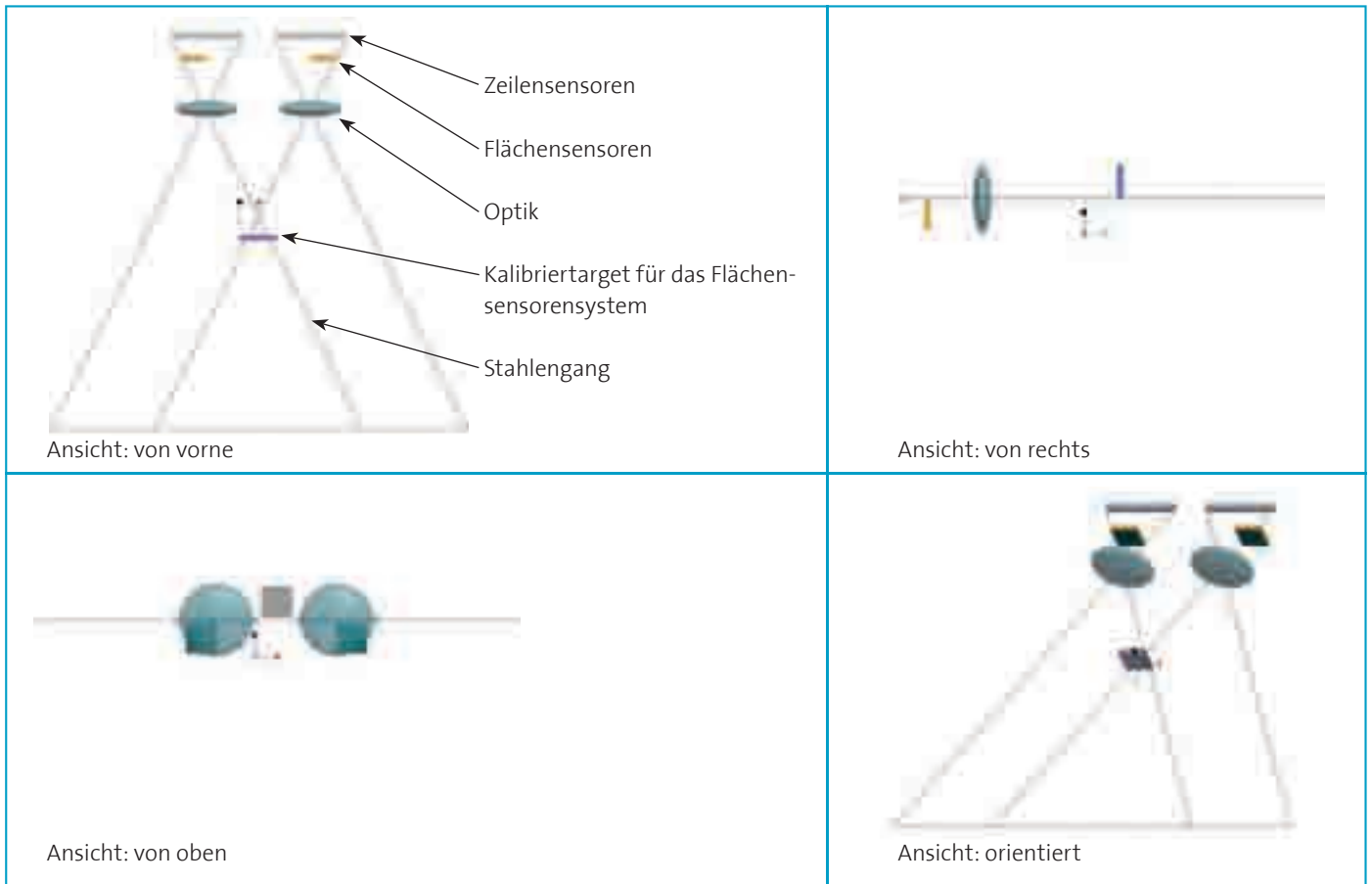


ABB. 5: Schematische Darstellung des neuen Ansatzes

weiterten Systems gezeigt. Der Ansatz mit zwei parallel aufnehmenden Flächensensoren würde die Möglichkeit bieten, weitere Kameraparameter zu bestimmen.

FUSSNOTEN

- 1: Derzeit geltende Randbedingungen: relativ geringer Oberflächengradient, kontrastreiche nichtperiodische Textur, nicht glänzend bezüglich Beleuchtungsrichtung.
- 2: Field Programmable Gate Array: grob an-

wenderprogrammierbarer Logikschaltkreis
3: CUDA ist der Name für NVIDIAs general purpose computing architecture, CUDA dient dazu die Parallelverarbeitungsleistung, ihrer Grafikprozessoren für ein breiteres Anwendungsspektrum zugänglich zu machen.

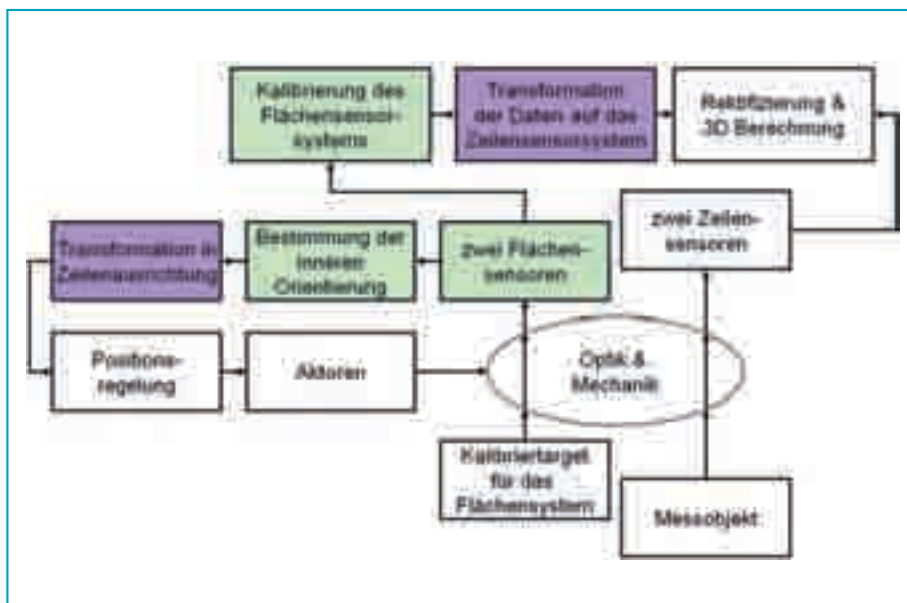


ABB. 6: Informationsfluss des erweiterten Systems mit Flächensensoren

LITERATUR

- [1]: L. Nalpantidis, G.C. Sirakoulis, A. Gasteratos, „Review of Stereo Algorithms for 3D Vision“, *International Symposium on Measurement and Control in Robotics*, ISMCR, 2007.
- [2]: R. Mecke, „Grauwertbasierte Bewegungsschätzung in monokularen Bildsequenzen unter besonderer Berücksichtigung bildspezifischer Störungen“, *Dissertation*, Shaker Verlag GmbH, 1999.
- [3]: C. Zitnik und T. Kanade, „A Cooperative Algorithm for Stereo Matching and Occlusion Detection“, *CMU-RI-TR-99-35*, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, October, 1999.



Wärtsilä is a registered trademark.

WELCOME TO OUR CREW!

Wärtsilä in Switzerland is the centre of excellence for low-speed 2-stroke marine diesel engines. These engines are utilized for the propulsion of all types of deep-sea ships world-wide, including the world's largest cargo ships. Our employees are working on all aspects of research and development, design, licensing, manufacturing support, marketing, sales and service support as well as global logistics. We give the highest priority to developing our people. Become a doer. Check out your opportunities at wartsila.com/careers



WARTSILA.COM/CAREERS



**Daniel Maier**

2004 Abitur am Friedrich-Hecker-Gymnasium in Radolfzell, danach Studium der Wirtschaftsinformatik an der HTWG Konstanz. 2009–2011 Masterstudium der Informatik ebenfalls an der HTWG Konstanz. Während und nach dem Masterstudium wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Informatik an der HTWG Konstanz. Seit Oktober 2011 Software-Entwickler bei der Bosch Software Innovations GmbH.

**Prof. Dr. Oliver Haase**

Studium der Informatik an der Universität Karlsruhe, danach Promotion zum Dr.-Ing. an der Universität Siegen. 1998–2005 Industrieforschung, zuerst bei NEC Europe in Heidelberg, dann bei den Bell Labs in Holmdel, New Jersey. Seit Sept. 2005 Professor für Verteilte Systeme und Software Engineering an der Fakultät Informatik der HTWG Konstanz. Zahlreiche Konferenz- und Zeitschriftenpublikationen, Patente, Bücher und Buchkapitel. Seit März 2011 Leiter des Informations- und Medienzentrums der HTWG.

**Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

Studium der Informatik und Wirtschaftswissenschaften an der Universität Kaiserslautern. 1993–1999 GMD – Forschungszentrum Informationstechnik GmbH in Darmstadt. 1997–1998 externer Berater bei der Software AG. 1999 Promotion zum Dr.-Ing. an der TU Darmstadt. 2000–2003 Bereichsleiter bei der e-pro solutions GmbH in Stuttgart. Seit 2004 Professor für E-Business Technologien und Datenbanksysteme an der HTWG Konstanz. 2008 Forschungsssemester bei der SAP AG. Seit 2009 Studiendekan und Prodekan der Fakultät Informatik sowie Studiengangsleiter Wirtschaftsinformatik.

**Prof. Dr. Marcel Waldvogel**

Studium zum Eidg. dipl. Informatik-Ing. an der ETH Zürich (1994). Während des Studiums Gründung eines Startup-Unternehmens im Bereich Objektorientierte Software. 1996–1999 Promotion zum Dr. sc. techn., ebenfalls an der ETH Zürich. Assistenzprofessor an der Washington University in St. Louis 1999–2001, danach bei IBM Research im Zurich Research Laboratory. Seit Ende 2004 Professor für Verteilte Systeme und Leiter des Rechenzentrums an der Universität Konstanz.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF NAT HOLE PUNCHING

Daniel Maier, Oliver Haase, Jürgen Wäsch, Marcel Waldvogel

IPv4's address space is getting exhausted any day now, as addresses only consist of 32 bits. The success of the Internet made it clear already in 1994 that this address space would not last. However, IPv6 is still only scarcely supported. Instead, the use of Network Address Translation (NAT) boxes to hide entire networks behind a single IPv4 address is the dominant solution. Sometimes, this is even done multiple times, e.g., most mobile network operators use NAT for their entire set of mobile devices, which in turn may offer a bluetooth or wireless local area network for 'tethering' support, hiding again behind the single NATted address of the smartphone.

This works great as long as the machines behind the NAT box only initiate outgoing connections and do not have to accept incoming requests. However, increasingly interactive Internet applications prefer direct contacts, where a central server would only increase latency, limit throughput, or become a single point of failure. Direct connections are essential to such distinct applications ranging from interactive games and general peer-to-peer applications to VoIP and file transfers among instant messaging partners. Other reasons to contact machines behind NAT include the wish to access data on your home machine or providing screen sharing for collaboration or support.

NAT hole punching is one technique to traverse NAT boxes. It has the advantage of not requiring any user configuration, and establishes direct connections between two peers without the need for additional relay servers. Hole punching is suitable for UDP and TCP. For TCP, two main options exist, namely sequential and parallel hole punching. These are the main targets of our analysis. We compare them according to various criteria in different scenarios.

Even when IPv6 should ever become wide-spread, NAT and thus hole punching

will not become obsolete. NAT will be one of the main techniques for IPv6<->IPv4 translation [8], despite the declarations of the IETF to the contrary [1]. It can also be assumed that some people and organizations will continue to use IPv6<->IPv6 NAT for the believed security and privacy benefit, despite the fact that NAT does not replace a real firewall and the availability of special privacy mechanisms in IPv6 [6].

1 NAT TRAVERSAL

Several techniques have been invented to establish connections to machines behind NAT boxes. Many of them require some control data being exchanged with a machine on a globally reachable address. This machine, commonly called *Mediator*, keeps a directory of the machines behind NAT and is the endpoint of a persistently open control connection to these NATted machines.

A simple scenario is when only one machine, peer B, is behind NAT. Then, peer A, having a global address and wishing to set up a connection to B, will contact the mediator M with its own address and port combination. M will forward this connection request message along its persistent control connection to B, who will then set up a direct connection to A. This process is known as *connection reversal* and is possible, as the NATted host B has no restrictions in setting up a connection from inside to A's public address. This technique also works when B is behind multiple layers of NAT.

It gets hairy, though, when both A and B are behind NAT but wish to establish a direct connection. Then, a widely used solution is hole punching. Before going into the details of hole punching, let us revisit the basic functionality of NAT:

Mapping. The most basic functionality is the mapping of the internal address/port pair to the external pair and vice versa. The

source address and port combination of any packet leaving NAT is mapped using this forward translation, while any destination address and port from the outside will be mapped in reverse. Most of today's NAT boxes *employ endpoint independent mapping*, i.e., an internal host/port pair used for concurrent connections to multiple external hosts will use only a single external address/port pair. This endpoint independence is the only real requirement for hole punching but is standard in almost all NAT boxes (for exceptions to this rule, see Section 4.4).

Filtering. Even though the mapping may be endpoint independent, many NATs do restrict sending data back through a mapping to a list of peers the inside machine has already had contact with. Many NAT boxes do employ filtering; hole punching, however, is able to deal with it. If all NAT boxes were to suddenly cease filtering, hole punching could be slightly optimized.

Additional properties of NAT boxes include whether the port mapping is predictable. NAT boxes vary widely in their port allocation policies, so hole punching does not rely on predicting the mapping. If the NAT box did not provide endpoint independent mapping, port prediction would be required, however.

A nice property of hole punching is that it is independent of the number of layers of NAT boxes that shield our endpoints from the global address pool [4].

An in-depth description of the two most relevant hole punching techniques for TCP connection follows. We consider TCP because it is the protocol of choice for the exchange of non-real time data; in addition, TCP seems to become popular even for streaming data, as it is the transport protocol used by HTTP streaming. UDP, on the other hand, is not covered here. Its connectionless behavior, however, makes hole punching essentially trivial.

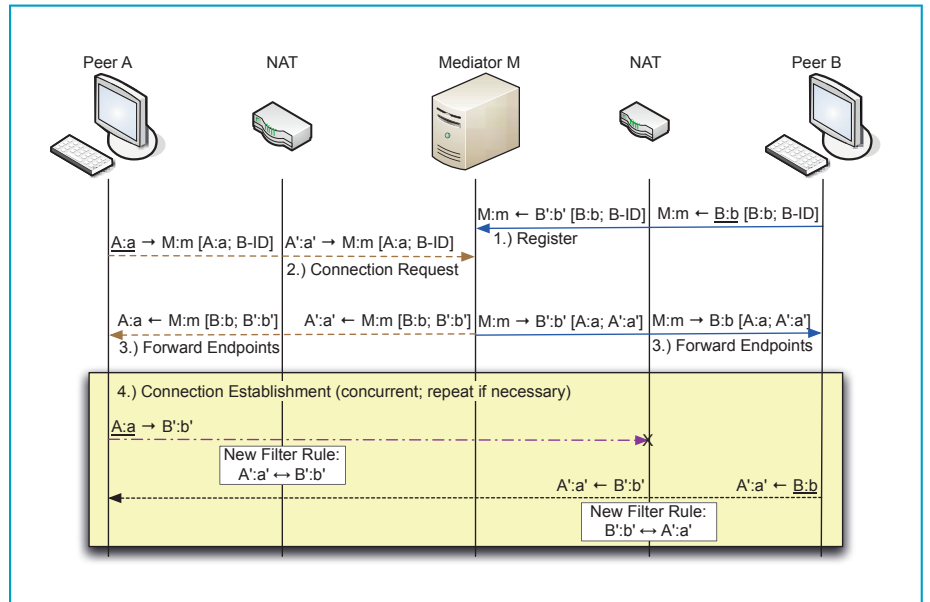


FIG. 1: Message sequence diagram of parallel TCP hole punching (adapted from [4]). The notation $S:s \rightarrow R:r [P]$ denotes that a sender with address S and port s sends the payload p to a receiver with address R and port r.

1.1 Parallel TCP hole punching

Parallel TCP hole punching was first described in [4]. Figure 1 shows the message exchanges.

1) Peer B registers through TCP with mediator M, sending its private endpoint B:b and a unique identifier, B-ID. The mediator also obtains the public endpoint B':b' from the apparent source of the connection. B and M keep this connection open. This establishes the mapping and allows control information to flow later.

2) At some later point in time, peer A requests a TCP connection to peer B, knowing B-ID. It sends M a message containing this request and its own private endpoint, A:a. M also obtains A':a' from the packet headers. A and M keep their connection open.

3) M introduces A and B to each other by sending each the endpoint information of the other.

4) Now both peers have all the information they need to set up the mapping. If their NATs did not filter, they could immediately set up a connection. However, we assume filters to be in place. Nevertheless,

both endpoints try to set up direct connections to each other. The first one will be refused as its TCP SYN packet reaches the peer's NAT without a proper filter in place. However, this packet has established a filter rule in its own NAT, making sure that the peer's reverse connection setup attempt will succeed. This all happens in parallel, hence the name. When a connection fails or times out, each of the peers will simply retry. Care only needs to be taken that incoming and outgoing connections use the same local and remote ports.

To make sure the connection is actually the one that was expected, the endpoints should perform mutual authentication.

The parallel box of Figure 1 shows only one possible message exchange sequence. It could also happen that both connections traverse their NATs in outbound direction before they reach the opposite NATs. Then, a simultaneous connection setup happens, which the NAT boxes and especially the hosts' OSes need to handle.

One complication with the use of TCP hole punching is related to the fact that

sockets can either be passive (accepting incoming connections) or active (initiating an outgoing connection). Thus each peer needs to have four sockets open: One to the mediator, one for incoming connections, and one each for connecting to the public and private endpoint of the peer.¹ (If connections to other peers are open as well, this further adds to the socket count.) All four sockets need to be mapped to the same source port for the system to work. Operating systems do not allow this by default, however, this can be overridden on most of them by setting the `SO_REUSEADDR` socket option. On top of that, FreeBSD systems allow even more reuse of ports using `SO_REUSEADDR`. This problem, its implications and workarounds are discussed in detail in Section 2.

1.2 Sequential TCP hole punching

In contrast to parallel TCP hole punching, the message order in sequential hole punching is deterministic as coordinated by the mediator. Eppinger et al. [3] have first published this approach under the name *NatTrav*. The original NatTrav also describes the use of multiple, redundant mediators. This aspect is not included here, as it is not essential to the technique, and is orthogonal to the topic of this paper.

Figure 2 shows the process as described by Eppinger et al. Arrows in the same color/pattern belong to the same connection. The steps are as follows:

- 1) Peer B registers with mediator M, passing a unique identifier, B-ID. The registration, which can be transmitted in UDP or TCP, is acknowledged.
- 2) When later peer A would like to connect to B, it sends a connection request message including B-ID to M. This message always uses TCP.
- 3) M sends a connection request notification to B along the connection estab-

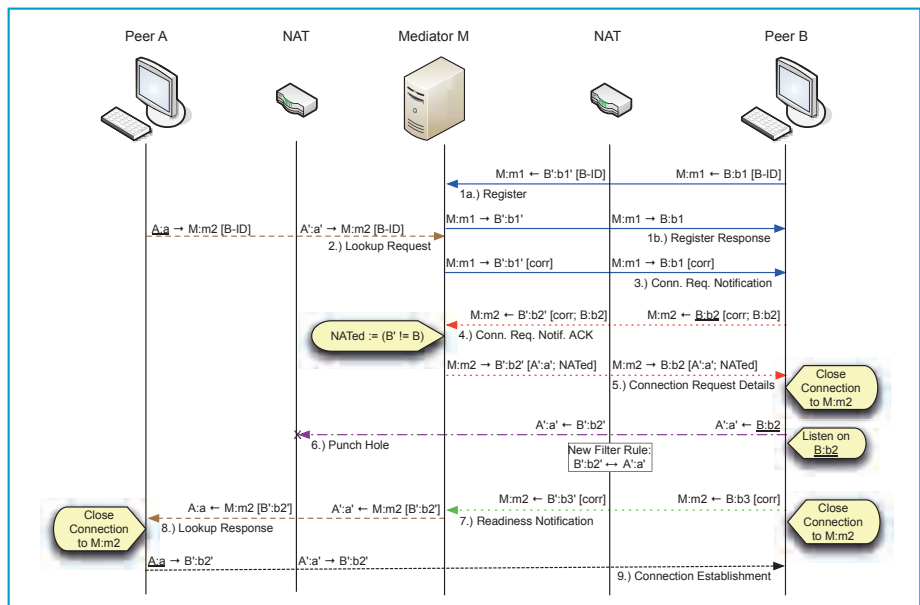


FIG. 2: Message sequence diagram of sequential TCP hole punching

lished in step 1. This notification includes a correlator, *corr*, which will be used to associate steps 4 and 7 with this request.

4) Peer B acknowledges this message by opening a new TCP connection to M and including its private endpoint, B:b2.

5) M checks if B sits behind a NAT box by comparing B's private and public endpoints, and sets the NATed flag accordingly. M sends B the public endpoint of A and the NATed flag. This connection then has to be closed to enable B to reuse the same port subsequently.

6) If B sits behind a NAT box (as indicated by the NATed flag), it sends a TCP connection request to A which will fail due to one of the following reasons:

- A's NAT box silently discards the unsolicited SYN message which eventually results in B's timer to expire. We use a default timeout of 2 s as recommended in [3], which might not be long enough for slow or congested links, but significantly contributes to the overall performance of sequential hole punching. Silently discarding unsolicited SYN messages is by far the most widely implemented NAT behavior.

- A's NAT box actively rejects the unsolicited SYN message. In this case, B can proceed right away with step 7.
- A does not sit behind a NAT or A's NAT box lets the unsolicited SYN message through. Even in this case B's connection request will fail, because A still has an open connection with M and therefore does not listen for incoming connection requests yet.

Please note that it is imperative for B to use the same local port as in step 4. If B does not sit behind a NAT box, this step is omitted.

7) B now listens on port B:b2, from which the previous request originated. It then indicates its readiness for connection establishment to M.

8) M sends B's public endpoint to A using the connection from step 2.

9) A closes the connection to M, then connects to B using the same local port as the previous connection to M. B's NAT device already has an appropriate mapping and filter, so the connection will succeed.

The initial registration can use either TCP or UDP. While UDP has the advantage

¹ Also trying to connect to the private endpoint ensures that peers behind the same NAT box will use the most efficient connection possible.

of requiring less kernel state at M (a single UDP socket is enough, TCP would require one per client), the clients would need to regularly and actively refresh NAT state using keep-alive messages over UDP.

The advantage of sequential TCP hole punching over its parallel cousin is that only one single socket ever needs to be bound to a given local port and the operating system does not need to correctly handle simultaneous TCP connection setups. The NAT boxes, however, still need to cope with an outgoing TCP SYN packet being answered by an incoming SYN packet instead of the normal SYN-ACK, as illustrated on B's NAT in Figure 2.

NatTrav [3] described here is far from the only sequential TCP hole punching proposal. Others, such as NUTSS [5] or NATBLASTER [2], require manipulating the packets' Time-to-Live (TTL) field, reading TCP sequence numbers or injecting hand-crafted network packets by the application. These mechanisms frequently require superuser privileges and are definitely impossible to implement in a platform-independent way in Java. Therefore, such approaches will not be further discussed in this paper.

2 BINDING MULTIPLE SOCKETS TO THE SAME PORT

Parallel hole punching requires binding multiple sockets to the same local endpoint, which is not permitted by default. Socket options can help, however.

2.1 OS capabilities

Different operating systems differ in their TCP implementations and how they support corner cases of the protocol; moreover, different operating systems provide slightly different socket APIs.

One difference in the protocol implementation concerns simultaneous connection establishment, where two end-

Operating System				
Windows	Linux	FreeBSD	MacOS X	Solaris
✓	✓	✓	✓	✓

TABLE 1: Simultaneous connection establishment support.

points try to establish connections to each other at the same time. As tests of a set of relevant operating systems – Windows 7, MacOS X 10.6.5, Linux (Ubuntu 10.04 LTS), Solaris (Open-Solaris 2009.06), and FreeBSD 8.1 as a representative of the *BSD family – have shown, all tested OSes support simultaneous connection establishment, see Table 1.

Another difference concerns the ability to bind two or more sockets to the same port. This corner case is rarely well documented or tested. Our second experiment therefore tested whether a C program could bind two sockets to the same port, examining all possible combinations of server ('listen') and client socket creation. For each operating system, the most reuse-friendly socket option was chosen. For MacOS X and FreeBSD, this was their special `SO_REUSEPORT`, the other three used the common `SO_REUSEADDR`. All sockets were bound to the wildcard IP address `IPADDR_ANY`. Table 2 shows whether the

particular combination worked ('✓'), did not work ('–'), or only worked when the client socket was already connected or at least in connection setup before the second socket was bound ('C'), i.e., the remote endpoint was already specified.

The results indicate that on Linux and Solaris, the server socket must be created after the client socket for the two to co-exist. Thus, a portable implementation should never rely on the other order. This sequence can be achieved in parallel TCP hole punching, but requires some care.

2.2 Support within Java

For a portable Java implementation, OS support by itself is not sufficient; in addition, the OS's capabilities must also be accessible within Java.

Java provides the classes `java.net.Socket` and `java.net.ServerSocket`. To achieve platform independence, both support only a limited set of socket op-

Socket creation		Operating System				
First	Second	Windows	Linux	BSD	MacOS X	Solaris
Client	Client	✓	✓	✓	✓	C
Client	Server	✓	✓	✓	✓	C
Server	Client	✓	–	✓	✓	–
Server	Server	✓	–	✓	✓	–

TABLE 2: Operating system support for socket combinations. See text for explanation.

Socket creation		Operating System				
First	Second	Windows	Linux	BSD	MacOS X	Solaris
Client	Client	✓	✓	C	C	C
Client	Server	✓	✓	C	C	C
Server	Client	✓	–	–	–	–
Server	Server	✓	–	–	–	–

TABLE 3: Java support for socket combinations. See text for explanation.

tions. `SO_REUSEADDR` can be enabled by calling the `setReuseAddress()` method since Java 1.4, but there is no option to set `SO_REUSEPORT`, due to its limitation to FreeBSD derived platforms. This restriction leads to the results in Table 3, when testing the multiple-bind capabilities of the different operating systems in Java.

There is one notable difference to Table 2: MacOS X and FreeBSD implementations now share the Solaris limitation of a socket requiring at least a pending connection setup (i.e., defined remote endpoint) before another socket can be bound to the same port, because their `SO_REUSEPORT` option cannot be taken advantage of in Java. Even though the limitations for Java are more strict than for native applications as described in Section 2.1, the most stringent case is not further curtailed. Therefore, the consequences for portable, OS agnostic applications remain the same.

For Java implementations, care needs to be taken that server sockets for the Unix relatives cannot be reused due to the limitations outlined in Table 3. While this is not a problem under Windows, portable programs are required to close the old server socket and create a new one instead of reusing the existing socket, as a listening socket will prevent more client sockets from being opened. This is especially important because the first connection setup for parallel hole punching generally fails.

3 HOLE PUNCHING EXPERIMENTS

Four criteria are key for the evaluation of NAT traversal techniques, namely effectuality, performance, implementation complexity, and resource usage. Obviously, the technique should be effectual, i.e., work even under adverse circumstances, and the connection setup should be fast and efficient. Moreover, the implementation should be easy to understand (debug, test, and maintain), and avoid any resource wastes.

To verify the first two criteria, multiple tests were run in two different environments:

Virtual Internet. All nodes and boxes were simulated in our lab using virtual machines. The concrete setups are described in full detail in Section 3.1.

Real Internet. Peers A and B were behind real NAT boxes, behind DSL connections of different providers. The mediator has a public Internet address. The concrete setups for this environment are described in Section 3.2.

Three different scenarios were evaluated in both environments:

Concurrent connection requests. Peer A launches multiple concurrent requests for connection establishment. This scenario tests how well both hole punching implementations can deal with multiple concurrent incoming connection requests. This is particularly interesting for parallel hole punching that has to cope with many sockets bound to the same local port and with many concurrent threads that have to synchronize with each other. Sequential hole punching, on the other hand, is expected to be affected much less due to its sequential nature. The number of concurrent requests was set to 5.

Successive connection requests. Peer A initiates connection requests one after the other, with increasing waiting times. One of the goals is to verify the long-term state retention behavior of the NAT. For this experiment, the waiting times are 1, 5, 10, 20, 30, 60, 120, and 240 s.

Random connection requests. 5 threads on peer A initiate connections to peer B. Each thread uses a repeatable uniformly distributed pseudorandom waiting time between subsequent connections in the range of 0 to 60 s. This setup attempts to model real-world behavior.

A few bytes of data were exchanged after each successful connection establishment in order to verify the connection.

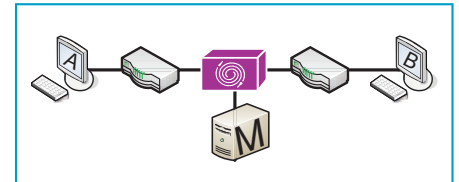


FIG. 3: 'Virtual Internet' Environment

3.1 'Virtual Internet' Environment

Figure 3 shows this environment. Each box is implemented as a virtual machine. The center box acts as a switch with delay and bandwidth limitation for a crude Internet simulation. More concretely, the delay between peers A and B is 30 ms, and the delay between any one peer and the mediator is 25 ms. The download bandwidth of the peers is limited to 2048 Kb/s, the upload bandwidth to 192 Kb/s, corresponding, e.g., to a typical 2 Mb/s DSL connection.

The NAT is implemented using standard `iptables` masquerading on Linux. This provides endpoint independent mapping, allowing only connection setup from the inside. Any other packet is silently discarded.

The combination of one of the five considered operating systems for peers A and B yields 25 different concrete setups. On each of these setups, we performed tests for each of the three scenarios (1) Concurrent connection requests, (2) Successive connection requests, and (3) Random connection requests. In all setups, the mediator was run on a virtual Linux machine.

3.2 'Real Internet' Environment

This environment matches Figure 3, with the center box being the real Internet with two DSL connections to the NAT boxes, and the mediator placed on campus. Because the main focus of this environment is on testing real NAT boxes (as opposed to the `iptables` simulation in the 'virtual Internet' environment), only two different setups, i.e., combinations of OSes for peers A and B, were used, namely peer

A always running Windows 7 and peer B running either MacOS X or Windows 7. The mediator was run on MacOS X. All tested NAT boxes employed endpoint independent mapping, as well as address and port dependent filtering.

4 EVALUATION

In this section we evaluate and compare the two techniques, parallel vs. sequential hole punching, with respect to the four criteria mentioned in section Section 3, namely performance, implementation complexity, resource usage, and effectuality.

4.1 Performance

Figure 4 contains the plots for the 'virtual Internet' environment. Please note that only results for parallel hole punching are shown because sequential hole punching does not work in this environment, as will be discussed in section Section 4.4.

As can be seen, for peer B running MacOS X the connection times are around 1 s in most cases. These times stem from the fact that simultaneous TCP connection establishment on MacOS X takes about 1 s, as we could observe in isolated tests. Whenever neither peer A nor peer B run MacOS X, then the mean connection setup times vary between 250 ms and 690 ms.

Figure 5 shows the results for the 'real Internet' environment. Please note that they were not taken in a controlled environment, so individual packet delay or losses do affect comparability. Sequential hole punching clearly shows an about 2 s higher setup time, which is due to the 2 s timeout specified in [3]. This timeout should cover most situations without packet loss today, although slow or lossy connections might become a problem. Even in developed countries, these 2 s may not be enough, especially for mobile Internet access, where the mobile provider operates the NAT for

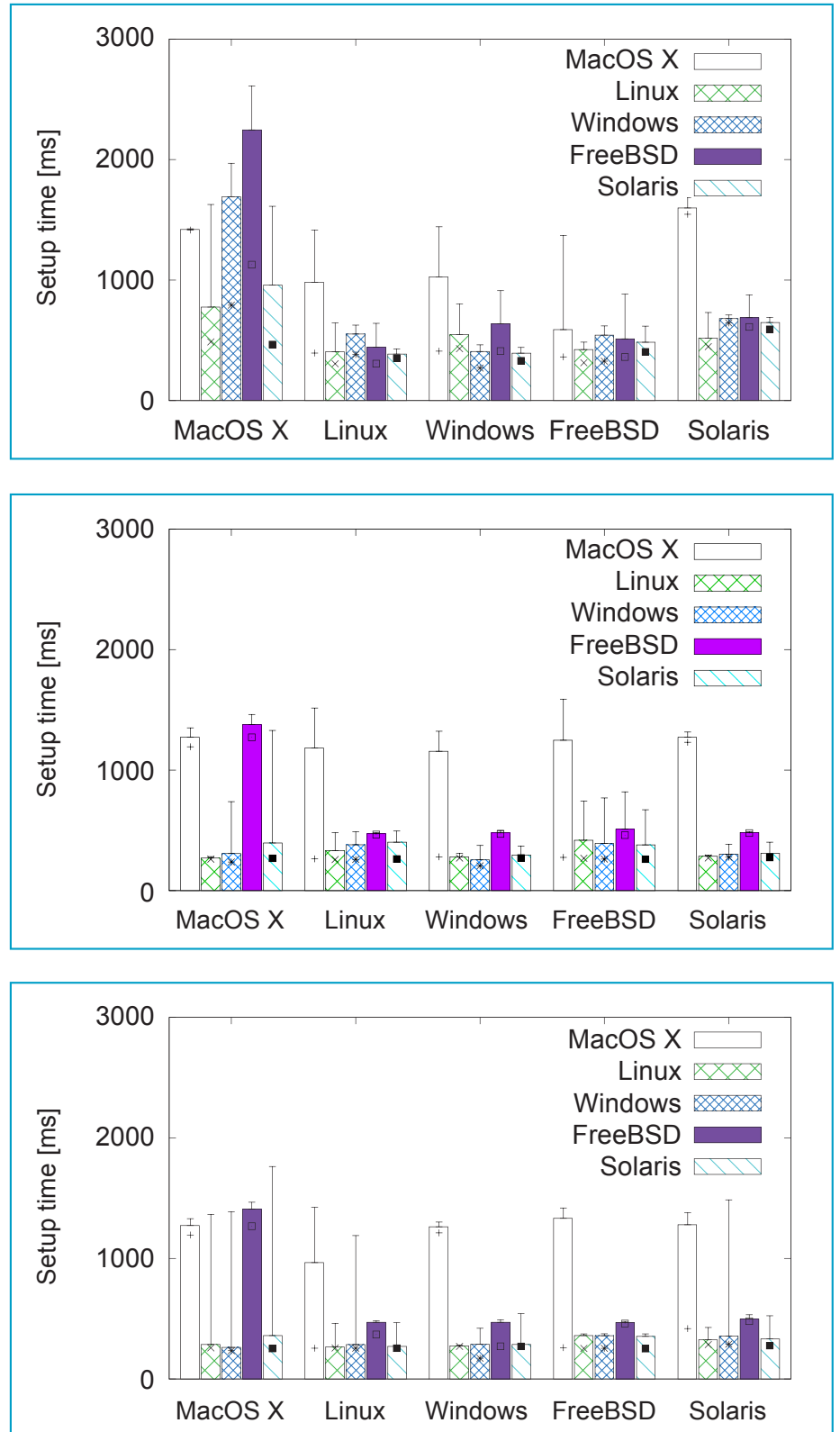


FIG. 4: Mean connection setup times for parallel hole punching in the 'virtual Internet' environment. The upper plot shows the results for the concurrent connection requests scenario, the middle plot for successive connection requests, and the lower plot for random connection requests. Error bars indicate minimum/maximum times. The labels on the X-axis denote peer A's operating system, the color code of the bars indicate peer B's operating system.

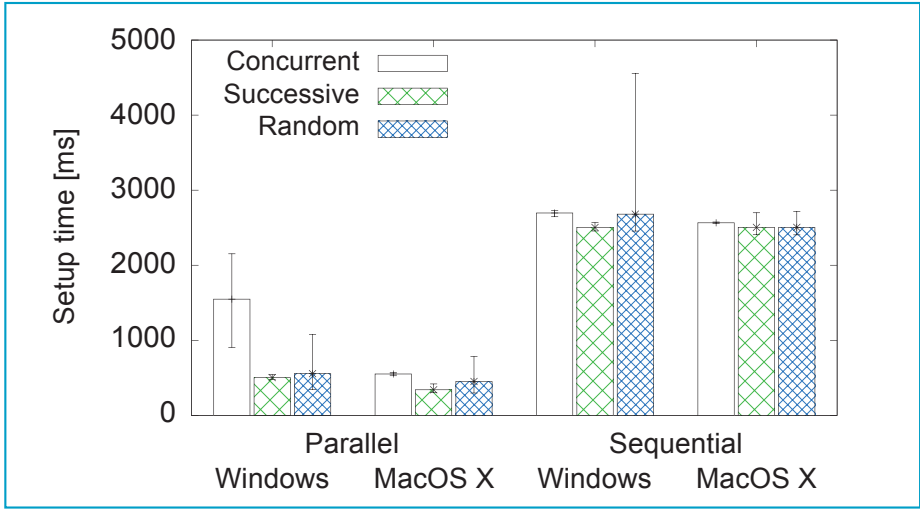


FIG. 5: Mean connection setup times for parallel hole punching in the ‘virtual Internet’ environment. The upper plot shows the results for the concurrent connection requests scenario, the middle plot for successive connection requests, and the lower plot for random connection requests. Error bars indicate minimum/maximum times. The labels on the X-axis denote peer A’s operating system, the color code of the bars indicate peer B’s operating system.

its customers and the wireless link may be unpredictable due to signal quality or high usage.

Reducing the timeout would thus make the protocol less robust. A significant reduction of the timeout would require the introduction of retransmits to achieve a reasonable connection chance. This would in effect make the protocol very similar to parallel hole punching, both in performance and complexity.

4.2 Implementation Complexity

Sequential hole punching as described in Figure 2 is rather straightforward to implement, as there are only few parallel operations needed: None on peer A, and for peer B only to regularly send out keep-alive messages, which can be integrated into the application main loop. However, Figure 2 assumes that there is no packet loss in step 6 and the timeout was chosen generous enough. When these assumptions fail (e.g., for wireless/mobile clients as described above), the protocol will fail and recovery mechanisms need to be designed in, which add further setup delays and complexity to the main application having to deal with failures.

A parallel hole punching implementation requires more thought, as it needs to deal with simultaneous use of sockets

as described in Section 2 above. It also requires substantial thread operations and synchronization, which adds to the higher complexity of a parallel hole punching implementation.

4.3 Resource Usage

Parallel hole punching requires more resources on the peers than sequential hole punching, as multiple threads need to be running, more sockets are created and destroyed, and more than one connection is open at the same time. Sequential hole punching, on the other hand, requires more messages and more actual connection setups and teardowns to the mediator.

Kernel resources for the mediator are higher for parallel hole punching, as the mediator has to keep an open TCP connection with each registered peer. For sequential hole punching, the mediator can use

a single UDP port to register all peers. On the other hand, a mediator for sequential hole punching needs to store some session information (correlator, corr, see Fig. 2), whereas a mediator for parallel hole punching can be completely stateless and is thus better scalable.

In summary, there is little difference between the two approaches from the perspective of the peers. This is especially true because today even mobile end devices, such as smartphones, have enough storage and CPU resources to support slightly more demanding applications. As far as the mediator is concerned, whether fewer open connections or stateless operation is preferable cannot be decided independent of the concrete environment and usage.

4.4 Effectuality

During our experiments, it became clear that actual NAT is harder to deal with than pure theory and message sequence diagrams would implicate. Some of these effects are discussed below, structured into NAT box problems: mapping and filtering behavior, mapping loss, and SYN-ACK checks) and endsystem behavior (direct private connection, anti-virus tools, and OS/Java limitations (discussed in Section 2). A summary can be found in Table 4.

4.4.1 Mapping

In Section 1, endpoint independent mapping was listed as a precondition for

Effectuality		Parallel	Sequential
NAT	Mapping	+	–
	Mapping loss	+	–
	SYN-ACK checks	+	–
Host	Direct connection	+	(–)
	Anti-virus	+	–
	OS support	(–)	+

TABLE 4: Hole punching effectuality components.

hole punching. However, even if one side, say peer A, employs address dependent mapping, hole punching can succeed under the following conditions:

- peer A uses the same external IP address for all mappings;
- peer B uses endpoint independent mapping in combination with address dependent filtering or a less restrictive filter policy.

In this situation, sequential hole punching works only when peer A's NAT is address dependent, but not when B's NAT is. Parallel hole punching, on the other hand, will succeed in both cases due to its symmetric behavior.

4.4.2 Mapping drop

A NAT box could immediately destroy a connection context when the connection is reset or closed. This is disastrous for the sequential approach, because if the remote NAT on step 6 of Figure 2 returns a TCP RST message, then the reverse connection in step 9 will fail.

For parallel hole punching, the SYN packets are likely to cross outside the NATs eventually, and thus create a successful simultaneous connection setup. Also, as long as not both NATs reject packets with RST and drop mappings, parallel hole punching will still succeed.

4.4.3 Linux iptables SYN-ACK check

Linux `iptables` is very strict at checking the validity of packets: In a correct simultaneous setup, the replayed SYN packet must contain the same sequence number as the original SYN. Most if not all NAT boxes, however, do not check this condition, whereas `iptables` does. `Iptables` therefore uses some form of connection dependent filtering. This behavior prevents all sequential hole punching attempts in the 'virtual Internet' scenario from succeeding. There was no

problem, however, for parallel hole punching, as both a server and client socket are active, therefore resulting in a simultaneous connection setup, supported `iptables` behavior.

We did not observe this kind of filtering with our tested NAT boxes. However, as `iptables` is frequently used in semi-professional and SME contexts, a hole punching technique should be able to deal with such behavior.

4.4.4 Direct private connection

Parallel hole punching natively supports direct connections to private addresses. This is done in an attempt to connect more efficiently to machines behind the same NAT and can be done with minimal additional overhead. While the same behavior could be implemented for sequential hole punching, the sequential nature would require waiting for an additional timeout (likely) or error (unlikely).

Sequential hole punching to a peer behind the same NAT succeeds only if the NAT supports *hair pinning*, and otherwise fails completely. With hair pinning, however, the connection will unnecessarily traverse the NAT, leading to additional resource utilization and poorer performance.

4.4.5 AVG anti-virus software

During our experiments, sequential hole punching failed when peer B was running Windows with anti-virus software by AVG (<http://www.avg.de>). Close examination with purpose-built test applications and Wireshark (<http://www.wireshark.org>) revealed the following behavior introduced by AVG.

When `connect()` is called on a socket and then aborted after the 2 s timeout, the application behavior is as expected. However, Wireshark reveals that retransmits of that initial SYN packet continue after 3 and

9 s, despite the `connect()` having been aborted and the socket being closed in the application at that time. However, the OS kernel still believes the socket to be active. This discrepancy leads to the wrong behavior, when the SYN packet from the final connection establishment (step 9 in Figure 2) finally arrives: It connects with the client socket, resulting in a simultaneous connection setup. The application, however, has already abandoned that socket, so no data transfer will be possible.

This problem could be reproduced on clean installations of Windows 7 (32bit and 64bit variants) with the current version of AVG Anti-Virus Free Edition 2011 (version 10.0.1191). As AVG claims [7] their anti-virus products to be installed on more than 110 million machines, this is a severe problem for sequential hole punching. Parallel hole punching, once more, is not affected by this problem.

4.5 Summary of the evaluation

Table 5 summarizes the comparison between parallel and sequential hole punching.

As we have seen in Section 4.4, parallel hole punching is by far the more effective technique, as it can deal with a number of non-standard and even adverse conditions. Sequential hole punching, on the other hand, is more vulnerable under the same circumstances. In terms of performance, parallel hole punching is also superior to sequential hole punching. This is mainly due to the timeout that is inherent to sequential hole punching. The only criterion in favor of sequential hole punching

Metric	Parallel	Sequential
Effectuality	+++	+
Performance	++	+
Implementation	--	-
Resources	-	-

TABLE 5: Hole punching metric summary.

ing is implementation complexity. As we have discussed in Section 4.2, parallel hole punching requires significantly more complex code because of its high degree of multithreading. With respect to resource consumption, we do not see a clear winner on either side.

5 CONCLUSION AND FUTURE WORK

In this paper, we have presented and discussed Java implementations of parallel and sequential hole punching. As our evaluation has shown, parallel hole punching is, in most respects, superior to sequential hole punching. Our open source parallel hole punching Java implementation is available at <http://ice.in.htwg-konstanz.de>.

Plans on evolving this software are fourfold. First, to evaluate the integration of port prediction for the rare case of NAT boxes with address dependent mapping. Second, we are working on an integrated approach for NAT traversal. The goal is to minimize setup times by allowing the first few data packets to go through the mediator and then be seamlessly mapped to the direct connection. This is especially useful for Java RMI between NATted hosts, where we plan to integrate this feature as our third plan. Fourth, we are working on ports onto mobile platforms. First results on Android are available and back our hypothesis that modern mobile devices are powerful enough to support the multithreading and advanced socket options requirements stemming from parallel hole punching.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was done within the scope of the FHprofUnt project 'Transparente Integration von NAT Traversierungstechniken in Java' funded by BMBF and Seitenbau GmbH, Konstanz.

REFERENCES

- [1]: C. Aoun and E. Davies: „Reasons to Move the Network Address Translator – Protocol Translator (NAT-PT) to Historic Status“. RFC 4966 (Informational), Internet Engineering Task Force, Jul 2007. Online: <http://tools.ietf.org/html/rfc4966>
- [2]: A. Biggadike, D. Ferullo, G. Wilson, and A. Perrig: „NATBLASTER - Establishing TCP Connections between Hosts behind NATs“. In: ACM SIGCOMM Asia Workshop, 2005.
- [3]: J.L. Eppinger: „TCP Connections for P2P Apps – A Software Approach to Solving the NAT Problem“. Carnegie Mellon University, Tech. Rep., Jan 2005.
- [4]: B. Ford, P. Srisuresh, and D. Kegel: „Peer-to-peer Communication across Network Address Translators“. In: USENIX Annual Technical Conference, 2005, pp. 179-192.
- [5]: S. Guha: „NUTSS – a SIP-based Approach to UDP and TCP Network Connectivity“. In: ACM SIGCOMM 2004 Workshops, 2004, pp. 43-48.
- [6]: T. Narten, R. Draves, and S. Krishnan: „Privacy Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6“. RFC 4941, Internet Engineering Task Force, Sep 2007. Online: <http://www.ietf.org/rfc/rfc4941>
- [7]: AVG Technologies: „AVG Technologies – Unternehmensprofil“. Online: <http://free.avg.com/de-de/company-profile>
- [8]: G. Tsirtsis and P. Srisuresh: „Network Address Translation – Protocol Translation (NAT-PT)“. RFC 2766 (Historic), Internet Engineering Task Force, Feb 2000. Obsoleted by RFC 4966, updated by RFC 3152. Online: <http://tools.ietf.org/html/rfc2766>



Die Web 3.0 AG entwickelt und betreibt leistungsfähige Webservices. Als junges Startup mit namhaften Kunden bieten sich bei uns interessante Möglichkeiten für neugierige Entwickler mit Interesse an modernsten Technologien.

Wir suchen zum nächstmöglichen Zeitpunkt für Ramsen (CH)
als Grenzgänger oder Inländer einen

SOFTWARE- / WEBENTWICKLER (M/W)

Wir bieten:

- Ein angenehmes Arbeitsumfeld
- Interessante Entlohnung
- Möglichkeit zur persönlichen und beruflichen Weiterentwicklung

Ihre Aufgaben:

- Konzeption und Entwicklung moderner Webanwendungen
- Enge Zusammenarbeit mit dem Entwicklungsteam der wetter.com AG (DE, Singen)

Ihr Profil:

- Informatiker oder vergleichbare Ausbildung/Berufserfahrung
- Sehr gute Kenntnisse in Java oder Python oder PHP sowie HTML/CSS/JS, gute Datenbankkenntnisse
- Grundkenntnisse Linux/Unix und Webserver
- Kommunikativ, verantwortungsbewusst und ambitioniert

Ihre aussagefähigen Bewerbungsunterlagen senden Sie bitte unter Angabe Ihres frühestmöglichen Eintrittstermins sowie Ihrer Gehaltsvorstellung an jobs@web30.ch oder per Post an

Web 3.0 AG Moskau 314B CH-8262 Ramsen

+41 (0) 52 740 11 14 www.web30.ch

HIGH RESOLUTION OPTICAL PROFILOMETRY BASED ON HETERODYNE INTERFEROMETRY

Ruven Spannagel, Thilo Schuldt, Claus Braxmaier



Ruven Spannagel M. Eng.

Study of electrical engineering at HTWG Konstanz; master thesis in the field of

high-precision optical profilometry. Currently PhD student at the 'Institut für Optische Systeme' at HTWG Konstanz, working on optical dilatometry based on heterodyne interferometry and multi-path interferometry.



Dr. Thilo Schuldt

Study of physics at the Universities Konstanz and Hamburg. Doctoral degree

in July 2010 at the Humboldt-University Berlin in a collaboration with Prof. Braxmaier at HTWG Konstanz in the field of high-sensitivity laser interferometry for space applications.



Prof. Dr. Claus Braxmaier

Diploma in precision engineering at University of Applied Sciences Furtwangen.

Diploma in physics and doctoral degree at the University of Konstanz in the field of fundamental tests of physics. At EADS Astrium GmbH head of group 'Mission Metrology' (in the years 2001 to 2005). Since 2005 professor for physics and control theory at HTWG Konstanz. Since 2008 director of the 'Institut für Optische Systeme' at HTWG Konstanz.

ABSTRACT

We present our latest results in high precision profilometry used to investigate reflecting surfaces with respect to surface properties such as structure, roughness and waviness. Our measurement system is based on a highly symmetric heterodyne interferometer. A surface scan is implemented, either by actuating the device under test (DUT) or the measurement beam of the interferometer. With a setup with DUT-actuation, a measurement accuracy better than 5 nm was demonstrated. A long-term stability of the setup of about 1 nm/VHz was measured. The measurement beam is focused on the DUT resulting in a lateral resolution of approximately 15 μm . Different profiles of various surfaces were measured and the reproducibility of the results has been demonstrated by measuring a reference surface.

1 INTRODUCTION

For the analysis of surface properties in production engineering and process monitoring, compact and robust sensors are needed. Conventional tactile profilometers mostly use a diamond stylus that is moved across the sample, where a sensitivity up to 10 nm in vertical direction is achieved. Optical profilometers offer the advantages of a non-tactile measurement, a higher sensitivity and a possibly easier implementation of an in-process measurement. They can be realized as microscopes [1–5], mostly using scanning white-light interferometry, and multi-sensor coordinate measuring machines (CMM) [6,7]. Profilometers using white-light interferometry achieve vertical resolutions between 0.01 nm and 0.1 nm. The lateral resolution is limited by the diameter of the spot size. This type of profilometer offers a very high vertical resolution but limited dynamic range. Multi-sensor CMMs combine a tactile with an optical measurement. Their dynamic

range can have values up to meters, limited by the CMM; vertical resolution up to 10 nm are achieved.

With a heterodyne interferometer developed in a cooperation of HTWG Konstanz, the Humboldt-University Berlin and EADS Astrium (Friedrichshafen), noise levels below 5 pm/VHz in translation measurement and below 10 nrad/VHz in tilt measurement, both for frequencies above 10^{-2} Hz, were demonstrated [8,9]. While this interferometer measures translation and tilt at one single spot, the interferometer is further developed for profilometry in an on-going activity. Its capability in characterizing surface properties is demonstrated.

Our profilometer setup consists of the following subsystems: laser module, setup for heterodyne frequency generation, interferometer board including scan mechanism, data acquisition and processing. Two methods for performing a surface scan were developed: one for actuation of the device under test (DUT) and one for actuation of the measurement beam. The subsystems as well as the actuation methods and experimental results are detailed in the following sections.

2 EXPERIMENTAL SETUP

2.1 Heterodyne Frequency Generation

The optical setup for heterodyne frequency generation is shown in Figure 1. A fiber coupled DBR laser diode with a wavelength of 1064 nm supplies the laser beam which is split at a beam splitter (BS) generating two beams with approximately the same optical power. The two beams are shifted in frequency using two acousto-optic modulators (AOMs) where the frequency shift corresponds to the RF driving frequency of the AOM. In our case, one laser beam is shifted by 80000 kHz (resulting in a laser beam with frequency f_1), the other by 80001 kHz (resulting in a laser beam with frequency f_2). The heterodyne frequency (f_{het}) is the difference between

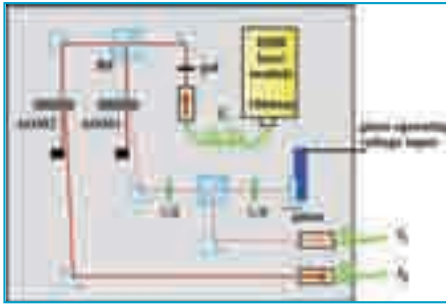


FIG. 1: Schematic of the setup for heterodyne frequency generation. Also shown is the optical setup for phase stabilization using a piezo-driven mirror. This stabilization loop is currently implemented.

the two frequencies of the shifted laser beams – in our case 1 kHz. The RF signals are provided by two phase locked functions generators. The manipulated beams with frequencies f_1 and f_2 are fiber-coupled and sent to the interferometer board.

2.2 Interferometer Setup

The interferometer, as shown in Figure 2 and Figure 3, is built on a 4 cm thick aluminum baseplate with a diameter of 23 cm. The breadboard is very robust and very stable with temperature variations. The laser beams are fiber-coupled to the interferometer board to get a more modular system. Polarizers at the fiber outputs ensure a clean and linear polarization. Two glass plates reflect a fraction of each beam onto a photo diode, which is measuring the power level. The photo diode signals are used to control the optical power levels of the beams by actuating the amplitude of the RF frequency of the corresponding AOM. The beams transmitted at the glass plates are sent to a beam separator cube. Two mirrors in front of each beam separator allows for adjusting the height of the laser beam, the parallelism of the two output beams and the distance between them. The laser beam with frequency f_1 can be adjusted in more degrees of freedom, hence this beam is matched to the laser beam with frequency f_2 . The $\lambda/2$ -waveplate after the beam separator



FIG. 3: Photograph of the profilometer setup with implemented DUT actuation.

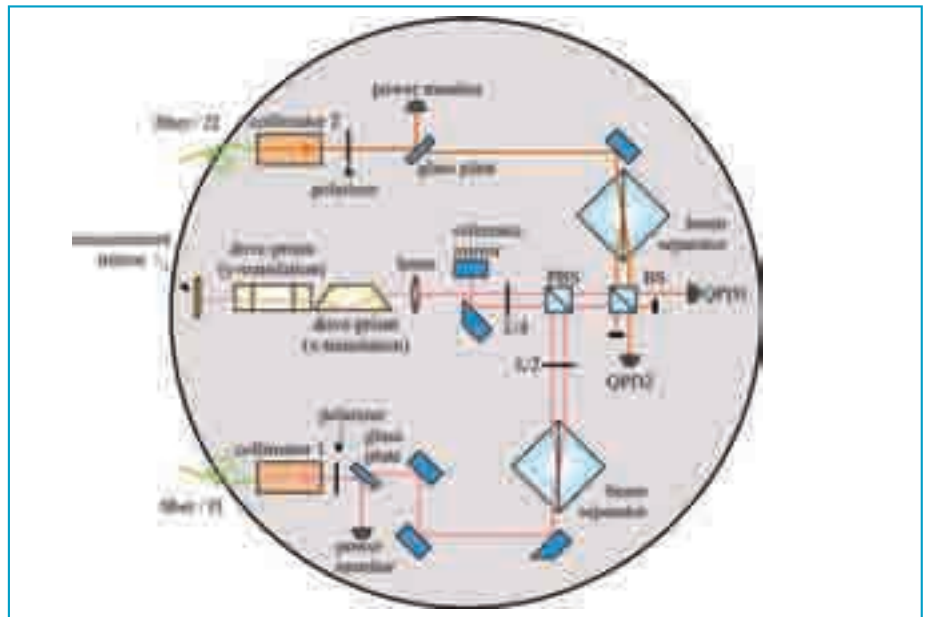


FIG. 2: Schematic of the interferometer (BS: beam splitter; PBS: polarizing beam splitter; QPD: quadrant photo-detector). Shown is the setup for measurement beam actuation using two Dove prisms.

of the beam with frequency f_1 rotates the polarization by 90° , so that the beam is reflected at the polarizing beam splitter (PBS) into the direction of measurement and reference mirrors. The measurement beam is reflected by the device under test (DUT), and the reference beam is reflected by the adjustable reference mirror. At a non-polarizing beam splitter, the two laser beams with frequency f_1 are superimposed with the two laser beams with frequency f_2 . Two quadrant photo diodes (QPD1 and QPD2) convert the superimposed modulated light into electrical signals at the heterodyne frequency. A phase comparison between the two sum signals of QPD1 and QPD2 yield to a measurement of a change in translation between measurement and reference mirror.

The lateral resolution of the measured profile depends on the diameter of the measurement beam at the DUT surface. Therefore a lens with a short focal length is placed in front of the DUT. The position of the lens is adjusted to have the waist of the Gaussian beam at the surface of the device under test.

The vertical information of the sample surface is obtained via the relative path length between reference and measurement mirror. In our current setup we use quadrant photodetectors (QPD), also enabling a tilt measurement using differential wavefront sensing (DWS). The tilt measurement can be taken for

analyzing systematic errors and to improve the translation measurement.

2.3 Scan Setup

With our scan setup we are able to measure a surface of a sample with two different scanning methods: (i) DUT actuation and (ii) measurement beam actuation. Method (i) is moving the DUT in front of the beam and (ii) is moving the beam in front of the DUT. For both methods we are using a Piezo driven x-y-positioning stage with a maximum travel distance of $600\ \mu\text{m}$ in each direction and a resolution of $0.5\ \text{nm}$.

For the DUT actuation (cf. Figure 3) the sample is mounted on the positioning stage, which actuates the sample in front of the beam in two dimensions. The sample, as well as the positioning stage, is adjusted in a way that the sample is moving perpendicularly to the laser beam during actuation. The device under test is placed directly after the last optical component of the interferometer.

In our beam-actuation scan system, two Dove prisms are actuated in x- and y-direction. The schematic is shown in



FIG. 4: Schematic of beam actuation with minimum changes in pathlength using two Dove prisms.

Figure 4. By actuation of the two Dove prisms, in principle no change in path length ΔZ occurs in this setup. If the first prism for vertical actuation moves upwards, the beam is reflected in the prism in a way, that the outgoing beam is shifted in the vertical direction. The second prism is rotated by 90° and moves the beam parallel to the prism movement in the horizontal direction. A movement of the prisms in the direction in which they do not actuate the beam or in the direction of the optical axis does not have any influences to the position of the beam. The reflective surfaces of the prisms are manufactured with a precision of $\lambda/10$ and the angles with an accuracy of $\pm 36''$.

The short optical path length of the setup with DUT actuation is particularly less susceptible to thermal fluctuations than the setup with beam actuation. Jerky actuation of the positioning stage causes vibrations of the sample in z-direction and decreases the resolution in z dimension. Furthermore, the positioning stage is not set perfectly orthogonal to the beam and creates a drift of the measured surface.

The mechanical assembly for beam-actuation (cf. Figure 5) is significantly more complex than for DUT actuation. Nine degrees of freedom are needed to adjust prisms and positioning stage in order that the beam is orthogonal to the surface of the sample. The temperature dependency has increased significantly. This might be caused by the asymmetry in the measurement and reference arm using the additional optical components.

2.4 Data-processing and -analysis

The signals of QPD1 and QPD2 are processed and analyzed in an analog and digital part (cf. Figure 6). The laser beams are detected by photodetectors (PD), preamplified and bandpass filtered at the heterodyne frequency of 1 kHz using analog electronics. A National Instruments data acquisition board digitizes the sum signals of the two quadrant photodiodes and a 1 kHz reference signal, generated by a

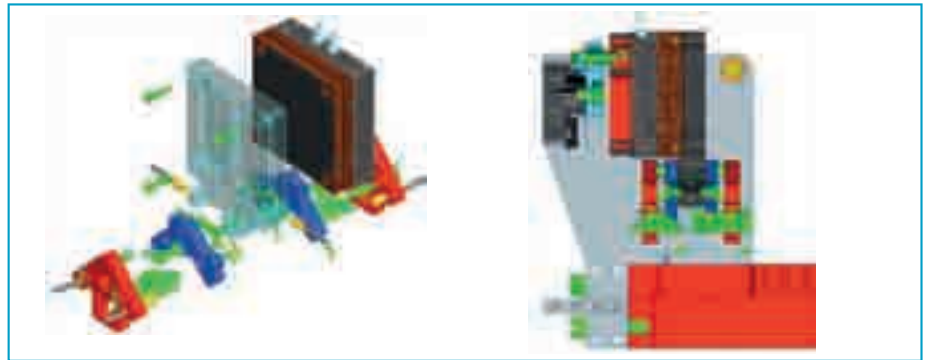


FIG. 5: CAD-drawing of the beam actuation setup.

function generator, which is phase locked to the AOM driving signals. The digitized signals are analyzed in an implemented LabVIEW program to measure the phase between the signal of QPD1 and the generated reference signal and between the signal of QPD2 and the reference signal. An In-Phase and Quadrature method for phase measurement between the detected signals and the external reference signal is implemented. By subtracting the two resulting phase values, the phase difference between measurement and reference arm of the interferometer is obtained.

3 EXPERIMENTAL RESULTS

3.1 Accuracy of the Profilometer

The stability of a measurement setup is characterized by performing a translation measurement without actuation over a longer time period.

We investigated the translation noise of our setup with both actuation systems. The power spectrum density (PSD, see Figure 7) shows the translation noise of the setups for the two scanning methods. The DUT actuation setup (blue) achieves a noise level below 2 nm/ $\sqrt{\text{Hz}}$ at frequencies higher than 0.1 Hz. The outlier in the range 10 Hz to 100 Hz is attributed to environmental influences. The noise of the beam-actuation system (red) is below 800 pm/ $\sqrt{\text{Hz}}$ for frequencies between 0.1 Hz and 1 Hz, and therefore significantly smaller than for the setup for DUT actuation. The 1/f slopes of both curves at low frequencies are probably caused by electronic noise and temperature drift.

This stability is also the best resolution we are able to achieve with our current profilometer setup in the translation measurement. By actuating the positioning stage we introduce vibrations into the scan system and our actual resolution decreases approximately by a factor of five.

3.2 Lateral Accuracy and Resolution

The lateral resolution depends on the diameter of the beam at the surface of the DUT and the precision of the positioning system. For obtaining a small beam diameter on the sample surface we are using a lens with a short focal length. In our setup we use a lens with a focal length of 15 mm, therewith we achieve a waist diameter of approximately 15 μm .

We are using a piezo translation stage to scan a surface in two dimensions where the capacity of the piezo causes a non-linear movement as a function of the applied voltage. To measure the nonlinear movement we applied a sinusoidal AC with a frequency of 0.5 mHz, a voltage of 120 Vpp and a DC offset of 50 V. The measured hysteresis (i.e. travel distance as a function of applied voltage) is shown in Figure 8. We measured a movement of 580 μm at $\Delta U = 120 \text{ V}$. The maximum travel distance of 600 μm can be achieved at $\Delta U = 140 \text{ V}$.

3.3 Profile of a Measured Surface Reference

To investigate the functionality and accuracy of our setup, we measured the surface of a resolution standard. This silicon substrate with dimensions of 10 mm x 10 mm has a pattern of different gratings. In the measurement shown in Figure 9, a grating with a 200 μm pitch and a depth of 90 nm was investigated using our profilometer setup. A 600 μm x 600 μm area of the surface was measured, where the set of gratings was rotated by 45° to the actuation axes. Furthermore, the edge of the grating was measured to understand systematic errors in our data like discrepancies in the plotted 3D model to the actual position of the DUT.

We removed linear drifts in x- and y-directions of the measured surface which were caused by the misalignment of the

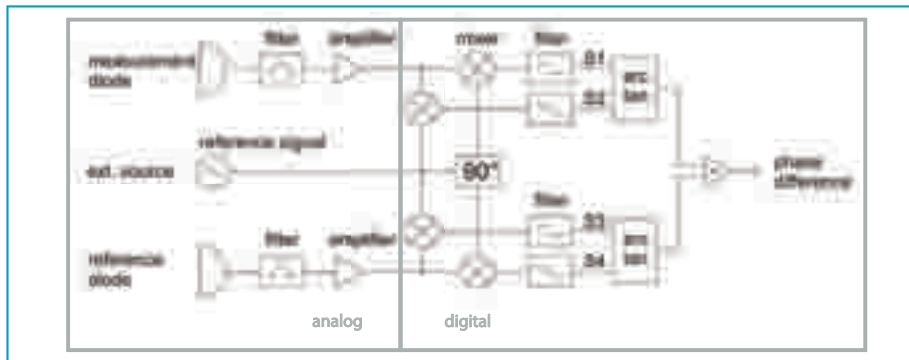


FIG. 6: Schematic of data processing and analyzing using in-phase and quadrature method.

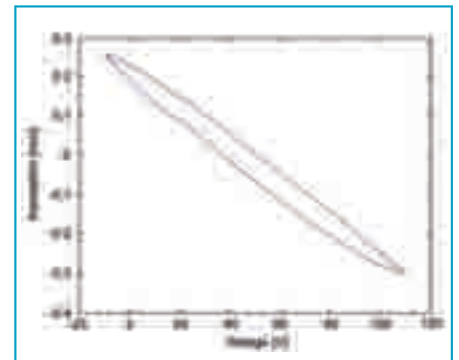


FIG. 8: Measured hysteresis of the positioning stage.

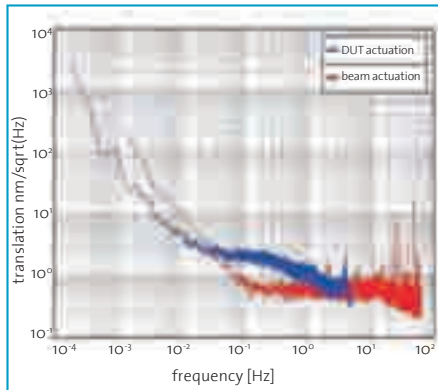


FIG. 7: Power spectrum density of the translation noise measurement. Shown are the curves for the two setups with beam actuation (red) and DUT actuation (blue).

positioning stage. An additional drift is caused by fluctuations in temperature during the 1000 s long measurement which cause optical pathlength differences between measurement and reference arm of the interferometer.

4 OUTLOOK

A new interferometer setup is currently realized on a 34 cm x 44 cm aluminum baseplate. It includes several features for improving the measurement accuracy and the mechanical and thermal stability of the setup. The lateral resolution of the profile measurement will be improved by implementing a larger beam diameter in the optical setup resulting in a smaller waist at the DUT after focusing. After fiber-outcoupling on the interferometer board, both beams will be superimposed on an additional photo detector. Its signal at the heterodyne frequency will be phase-locked to an electronically generated reference signal. This phase-lock will reduce the noise level of the translation measurement by minimizing differential effects of the AOMs and the fibers [8]. The mechanical stability of the actuation subsystem will be improved.

For a more precise data analysis, the angle measurement system, based on differential wavefront sensing, will be implemented. A horizontal and vertical tilt can be detected by analyzing the phase difference between the left and the right halves (upper and lower halves, respectively) of the detector. These tilt signals can be taken for correction of the translation signals and for analyzing systematic effects.

The new temperature-stabilized interferometer board will be placed in a hermetic shielding, minimizing effects by temperature variations and air turbulence.

5 ACKNOWLEDGMENTS

This work is financially supported by the European Union, under the European Funds for Regional Development (EFRE), and the state of Baden-Württemberg within the program ZAFH Photon[®]. The authors thank all members of the ZAFH Photon[®], and all members of the LET (Laboratory of Enabling Technologies) at Astrium GmbH – Satellites Friedrichshafen for their support and helpful discussions.

REFERENCES

- [1] Veeco Instruments Inc. (www.veeco.com)
- [2] Zygo corporation (www.zygo.com)
- [3] Sensofar-Tech, S.L. (www.sensofar.com)
- [4] E. Hering, R. Martin: Photonik; Kapitel 5.9.4, S. 272ff.; Springer Verlag, Berlin, 2006.
- [5] P. Drabarek: Interferometrische Mess-einrichtung zum Erfassen der Form oder des Abstandes insbesondere rauer Oberflächen; Europ. Patent, internat. Veröffentlichungsnr. WO 99/44009, 1999.
- [6] Zeiss GmbH (www.zeiss.de/imt)
- [7] Werth Messtechnik GmbH (www.werth.de)
- [8] T. Schuldt, M. Gohlke, D. Weise, U. Johann, A. Peters and C. Braxmaier. Picometer and nanoradian optical heterodyne interferometry for translation and tilt metrology of the LISA gravitational reference sensor, Class. Quantum Grav., 26(8):085008, 2009.
- [9] T. Schuldt, M. Gohlke, R. Spannagel, S. Ressel, D. Weise, U. Johann and C. Braxmaier. Sub-Nanometer Heterodyne Interferometry and Its Application in Dilatometry and Industrial Metrology, International Journal of Optomechatronics, 3(3):187-200, 2009.

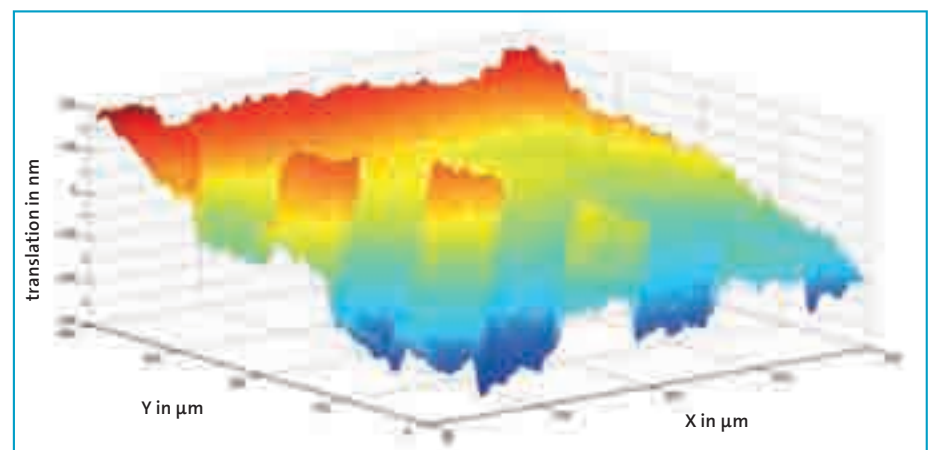


FIG. 9: Measurement of a 600 µm x 600 µm area of a grating with 200 µm pitch and 90 nm depth (setup with DUT actuation).

VOM SUCHEN UND FINDEN DER RELEVANTEN TRAININGSDATEN: EIN BOOTSTRAPPING-ANSATZ IN DER UNIVERSALEN STEGANALYSE

Pham Hai Dang Le, Matthias Franz



Dipl.-Inf. Pham Hai Dang Le
studierte an der Universität
Dortmund und Passau
Informatik. Der Fokus seiner

Forschung liegt im Bereich der Steganalyse und Steganographie.



Prof. Dr. Matthias Franz
ist seit 2007 Professor
für kognitive Systeme
an der HTWG Konstanz,

Fakultät für Informatik. Seine derzeitigen Forschungsinteressen konzentrieren sich auf Anwendungen des maschinellen Lernens auf Probleme der Bildverarbeitung, insbesondere in den Bereichen Steganalyse, Modellierung natürlicher Szenen, automatische Generierung von Bildverarbeitungssystemen und industrielle Bildverarbeitung.

1 EINFÜHRUNG

Steganographie („verdecktes Schreiben“) ist die Wissenschaft und die Kunst des Versteckens von Informationen. Obwohl Steganographie, historisch betrachtet, schon vor 1000 Jahren existiert hat, hat erst Simmons im Jahre 1983 eine wissenschaftliche Studie über Steganographie veröffentlicht. Simmons schildert in diesem Zusammenhang die Kommunikation zwischen Alice und Bob im Gefängnis. Die beiden Insassen möchten einen Fluchtplan schmieden, ohne dass ein Gefängniswärter Verdacht schöpft. Leider wird ihre Planung dadurch erschwert, dass jede Art von Kommunikation zwischen ihnen überwacht wird. Wollen Alice (Absender) und Bob (Empfänger) eine geheime Nachricht austauschen, bildet der Transportweg eine Sicherheitslücke. Um bei der Übermittlung die geheime Nachricht zu schützen, können zwei Konzepte angewendet werden: Kryptographie und Steganographie.

Falls ein Gefängniswärter einen Geheimtext, z. B. einen durch kryptographische Verfahren verschlüsselten Brief, findet, werden Alice und Bob in Einzelhaft versetzt und können nicht mehr miteinander kommunizieren. Die Kryptographie schützt den Inhalt der Nachricht durch Verschlüsselung, hinterlässt aber eindeutige kryptographische Spuren. Für Alice und Bob stellt sich die Frage, wie sie ihre Flucht mit geheimen Nachrichten planen können, so dass die Gefängniswärter trotz Überwachung keinen Verdacht schöpfen. Hier kommen steganographische Verfahren zum Tragen. Wird die geheime Nachricht während der Übermittlung vom Absender zum Empfänger von Unbefugten abgefangen, so erkennt ein Unbefugter bei Kryptographie sofort, dass es sich um eine geheime Nachricht handelt, bei Steganographie aber nicht.

Das Prinzip von Steganographie wird in Abbildung 1.1 dargestellt. Obwohl geheime Nachrichten in der Regel mit Texten asso-

ziiert werden, kann es sich bei einer geheimen Nachricht auch um eine Audiodatei oder ein Bild handeln. Im Folgenden wird als geheime Nachricht das „blaue“ Bild mit Wellen verwendet. Das „grüne“ Bild dient als Hülle für die Nachricht; daher wird das Bild als Hülldatum (bzw. Trägermedium oder Cover) bezeichnet. Als Hülldatum können außer einem Bild noch andere Trägermedien wie Textdateien, Audiodateien und Videodateien verwendet werden. Die Einbettung benötigt als Eingabe, abgesehen von der geheimen Nachricht (Einbettungsdatum) und dem Trägermedium (Hülldatum), einen geheimen Schlüssel. Der Schlüssel soll verhindern, dass Unbefugte die geheime Nachricht entschlüsseln können. Ein Steganogramm (kurz Stego oder hier Stegobild) ist das Resultat der Einbettung. Im Idealfall sollen nach der Einbettung Hülldatum und Steganogramm identisch sein oder nicht unterscheidbar sein. Ist dies der Fall, kann ein Angreifer nur raten, ob in dem Steganogramm geheime Nachrichten enthalten sind oder nicht. Auf der Empfängerseite wird unter Anwendung des geheimen Schlüssels die geheime Nachricht effizient aus dem Steganogramm entschlüsselt.

Auch wenn Kryptographie und Steganographie als oberstes Ziel die Geheimhaltung der Nachricht anstreben, unterscheiden sie sich in ihrer Ausgangslage. Kryptographische Verfahren überführen die Botschaft in eine Geheimsprache und präsentieren sie als eine verschlüsselte Botschaft. Das Ziel von Steganographie ist im Gegensatz dazu, die Existenz der geheimen Nachricht zu verbergen. Die Wissenschaft, die sich mit Verfahren zur Detektion von Steganographie beschäftigt, wird als Steganalyse bezeichnet. Das Ziel von Steganalyse ist nicht nur die Detektion der geheimen Nachricht in Hülldaten, sondern auch das Brechen der Verschlüsselung. Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung von neuen, wirkungsvolleren Methoden zur Steganalyse, insbesondere zur „universalen“ Steganalyse. Universale oder auch



ABB. 1.1: Steganographiesystem

blinde Steganalysatoren sind allgemeinere Verfahren zur Detektion von Bildmanipulationen mit unbekannten Steganographieprogrammen, d.h. sie detektieren unabhängig von der Einbettungsmethode.

Heutzutage sind Supportvektormaschinen [1] (SVM) die erste Wahl, wenn es sich um blinde Steganalyse handelt. Bei diesem Ansatz werden zwei Schritte verfolgt: Im ersten Schritt wird anhand eines Trainingsprozesses mit Trainingsdaten eine Trennebene bestimmt (siehe Abbildung 1.2), die zwischen natürlichen Bildern und Bildern mit geheimer Botschaft (Steganogramme) unterscheiden kann. Der zweite Schritt detektiert die Steganogramme mit Hilfe der Trennebene. Als Trainingsdaten werden die Daten bezeichnet, von denen bekannt ist, zu welcher Klasse (also mit oder ohne geheimer Botschaft) sie gehören. Die Idee bei der Vorhersage mit der SVM ist, mit diesen Trainingsdaten Regelmäßigkeiten abzuleiten, so dass mit unbekannten Daten ihre Klassenzugehörigkeit bestimmt werden kann. Ein wichtiger Faktor ist die Generalisierungsfähigkeit dieser Regeln bzw. Trennebene, d.h. wie gut mit dieser Trennebene die neuen und unbekannten Daten klassifiziert werden können.

Die Schwierigkeit bei der Verwendung der SVM besteht bei der Berechnung der Trennebene im Trainingsschritt. Hierbei

ist die Anzahl der Trainingsdaten ein kritischer Faktor, da mit einer großen Anzahl von Bildern mit höherer Wahrscheinlichkeit eine genauere Trennebene und damit eine bessere Generalisierung erreicht werden können. Doch leider ist dies mit einem höheren Zeitaufwand verbunden. In dieser Arbeit präsentieren wir eine Methode, die Anzahl der Trainingsdaten zu reduzieren, ohne die Detektionsleistungen signifikant zu verschlechtern.

Bevor der Bootstrapping-Ansatz im Detail erklärt wird (Kapitel 3), stellen wir einen modifizierten Steganalysator von Lyu und Farid [2] vor (Kapitel 2). Kapitel 4 verdeutlicht den Bootstrapping-Ansatz mit experimentellen Ergebnissen, während Kapitel 5 mit einer Diskussion diese Arbeit kommentiert.

2 STEGANALYSATOR

Ein Steganalysator kann allgemein als binärer Klassifikator betrachtet werden. Für die Klassifikation wird die Supportvektormaschine (SVM) als Lernmaschine verwendet. Die Detektion mit einer SVM unterscheidet zwischen (1) Trainingsphase und (2) Testphase. Obwohl in beiden Phasen die Bilder gleich aufbereitet werden müssen, unterscheiden sie sich durch die Bearbeitung mit der SVM. In der Trainingsphase erhält die SVM die Zusatzinfor-

mation, ob es sich um ein Steganogramm handelt oder nicht (überwachtes Lernen). Die eigenständige Klassifizierung und damit die Detektion werden in der Testphase durchgeführt. Bevor eine Klassifikation möglich ist, müssen die Daten für die Bilder so präpariert werden, dass die Supportvektormaschine (SVM) sie verarbeiten kann. Abbildung 2.1 charakterisiert den modularen Aufbau des Systems.

Insgesamt gibt es drei Komponenten: (1) Bildtransformation, (2) Bildschätzung und Merkmalsberechnung und die (3) Klassifikation mit der SVM. Als Eingabe wird ein natürliches digitales Bild angenommen, welches durch die jeweiligen Module sukzessiv bearbeitet wird. Im ersten Modul „Bildtransformation“ wird eine Multiskalenanalyse durchgeführt, d.h. das Bild wird

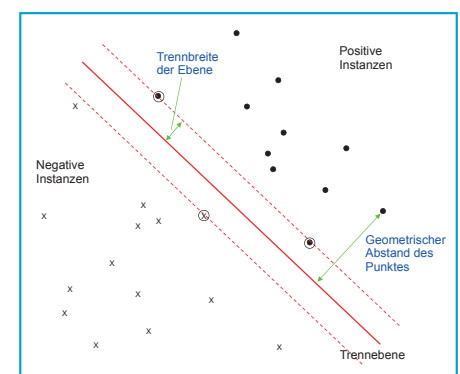


ABB. 1.2: Beispiel einer Trennebene

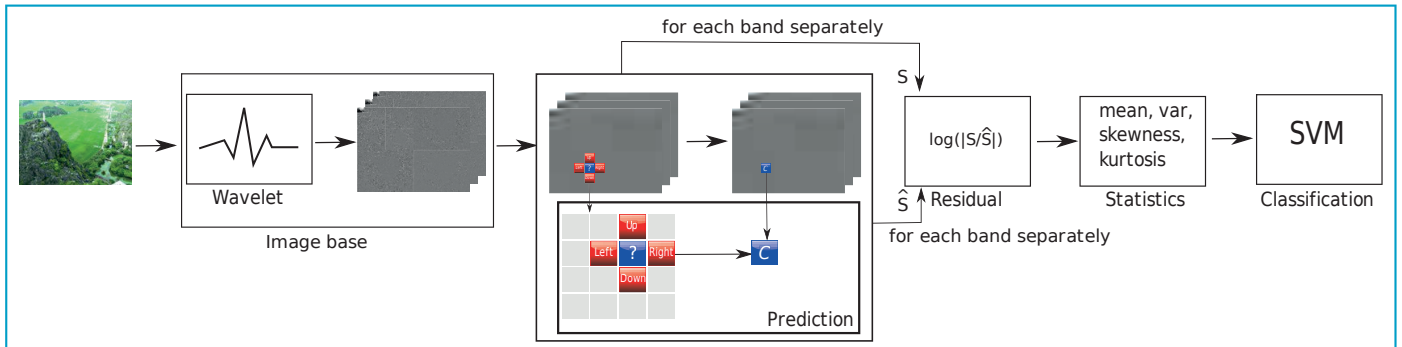


ABB. 2.1: Aufbau des Steganalysators

gleichzeitig auf verschiedenen Auflösungsstufen getrennt und analysiert. Das Eingangsbild wird in unserem Fall mit QMF-Wavelets [3] analysiert, die zusätzlich jede Auflösungsstufe nach der Kantenorientierung zerlegen. Das Endprodukt besteht aus Bändern, die nach Auflösungsstufe und nach Kantenorientierung sich unterscheiden. Nach der Zerlegung erfolgt die „Bildschätzung“ mit linearer Regression.

In diesem Schritt stellt die lineare Regression [4] die Korrelation zwischen einem Pixel **C** zu seinen Nachbarn (**Up**, **Down**, **Left**, **Right**) dar (siehe Abbildung 2.1), um eine Vorhersage durchzuführen. Das Bild wird als Markov-Feld modelliert, d.h. der Grauwert eines Pixels hängt nur von den Pixelwerten einer räumlichen begrenzten Nachbarschaft ab. Es wird z.B. angenommen, dass es eine lineare Abhängigkeit zwischen **C** zu seinen Nachbarn (**Up**, **Down**, **Left**, **Right**) gibt. Diese lineare Abhängigkeit wird durch lineare Regression geschätzt. Weil die Vorhersage für das gesamte Bild gilt, müssen alle Pixel im Bild mit ihren dazugehörigen Nachbarn betrachtet werden.

Nach der Vorhersage gibt es von jedem Band zwei Ausführungen: Das Originalband und das vorhergesagte Band. Die Merkmale für die SVM sind Kennzahlen wie Mittelwerte, Varianz, Schiefe (Skewness) und Kurtosis der einzelnen Bänder und der vorhergesagten Bänder. Die SVM erhält stellvertretend für das Bild also eine definierte

Menge von Zahlen als Kennzahlen und erkennt damit, ob das Bild eine geheime Nachricht enthält oder nicht. Eine ausführliche Beschreibung ist [5] zu entnehmen.

3 BOOTSTRAPPING

Der Bootstrapping-Ansatz basiert auf der Idee, dass nur einige Bilder die Grenze zwischen den Klassen definieren. Im Folgenden werden die Merkmale dieser relevanten Bilder als „Supportvektoren“ bezeichnet. Diese Supportvektoren sind vor dem Trainingsprozess unbekannt. Für das Experiment wird am Anfang eine Menge in Trainingsmenge und Testmenge aufgeteilt. Beim Bootstrapping-Ansatz wird die Trainingsmenge in zwei Untermengen aufgeteilt: die Anfangsmenge und die sogenannte Bootstrapping-Menge. Als nächstes wird der dreistufige Prozess vorgestellt, der wahrscheinliche Kandidaten für die Supportvektoren herausfindet und somit die Anzahl der Trainingsdaten reduziert. Im ersten Schritt wird mit einer Anfangsmenge bzw. Untermenge von Trainingsdaten mit der SVM eine Trennebene bestimmt. Der zweite Schritt besteht darin, dass mit dieser Trennebene die restlichen Trainingsdaten – also die Bootstrapping-Menge – klassifiziert werden. Typischerweise werden einige Trainingsdaten falsch klassifiziert. Diese falsch klassifizierten Trainingsdaten aus der Bootstrapping-Menge bilden die Menge der potenziellen neuen Supportvektoren, da eine Erkennung dieser Daten eine Modifikation der ursprüng-

lichen Trennebene erfordert. Im letzten Schritt werden alle falsch klassifizierten Trainingsdaten aus der Bootstrapping-Menge zu der Anfangsmenge hinzugefügt und mit der SVM trainiert. Insgesamt gibt es zwei Arten von falsch klassifizierten Daten:

- Falschalarme: Suche nach natürlichen Bildern, die als Bilder mit geheimer Botschaft klassifiziert werden.
- „Misses“: Suche nach Bildern mit geheimer Botschaft, die als natürliche Bilder klassifiziert werden.

Um zu erkennen, ob das Hinzufügen der Falschalarme oder Misses zu den Trainingsdaten die Detektionsleistung verbessern, werden zuerst die beiden Bildertypen getrennt zu den Trainingsdaten hinzugefügt und auf die Detektionsleistung mit der Testmenge verglichen. Im nächsten Schritt werden die entsprechenden Falschalarm- und Miss-Bilder zu den Trainingsdaten hinzugefügt und neu trainiert. Zum Schluss wird für den Vergleich die gesamte Trainingsmenge (Anfangsmenge und Bootstrapping-Menge) für den Trainingsprozess verwendet und mit der Testmenge getestet.

4 EXPERIMENT

Der Bootstrapping-Ansatz wurde auf der Boss-Datenbank [6] (7518 Bilder) getestet. Die Steganogramme wurden mit

der LSB-Matching-Methode mit permutativer Spreizung erzeugt [7]. Bei der eingebetteten Nachricht handelt es sich um Zufallszahlen. Als Ausgangspunkt wurden 2000 Trainingspaare und 2000 Testpaare verwendet. Für die Analyse der Bootstrapping-Technik verbleiben $(7518 - 4000 =)$ 3518 Bilderpaare. In dieser Menge wurde jeweils nach Falschalarmen und Misses gesucht. In der Tabelle 4.1 zeigt die Spalte 'Add' die Anzahl der Bilder, die nach einem Kriterium falsch klassifiziert wurden. Mit 'FA' wurde die Trainingsmenge um die Anzahl der Falschalarme erweitert, während mit 'Miss' die Trainingsmenge um die Anzahl der Misses vergrößert wurde. 'Error' vervollständigt die Trainingsmenge um die Falschalarme und Misses. Als erreichbares Maximum wird die Trainingsmenge 'All' bezeichnet, die $(2000 + 3518 =)$ 5518 Bilderpaare beinhaltet. Obwohl die Addition der Falschalarme und Misses $(1114 + 977 =)$ 2111 ergeben, wurden nur 2029 Bilderpaare hinzugefügt, da 82 Bilderpaare sowohl als FA als auch Miss auftauchten. Das heißt: Es gibt 82 Bilderpaare in denen das Steganogramm als sauberes Bild und das Coverbild als manipuliertes Bild identifiziert wurden.

Aus der Tabelle 4.1 ist zu entnehmen, dass die Minimierung der Falschalarme (FA) und die Verwendung aller Trainingsdaten (All) die höchsten Detektionsleistung enthält, wobei $Dp = (TN + FP) / 2$ ist. Mit TN (True Negative) wird der prozentuale Anteil von natürlichen Bildern definiert, die richtig als natürliche Bilder klassifiziert werden, während TP (True Positive) der prozentuale Anteil von Stegobildern bezeichnet wird, die von der SVM auch als Steganogramm

identifiziert wird. Die Analyse der Detektionsleistung bei 1% Fehlalarmrate wurde bewusst eingefügt, da dieser Wert in der Steganalyse gerne für den Vergleich eingesetzt wird. Ferner spielt in der Steganalyse die Minimierung der Falschalarmrate eine gewichtigere Rolle als die Minimierung der Misses.

5 FAZIT

In dieser Arbeit wurde die Bootstrapping-Technik vorgestellt, mit der sich durch gezieltes Hinzufügen der Falschalarme die Falschalarmrate reduzieren läßt. Da die Verwendung aller Trainingsdaten die besten 0.01 FA Ergebnisse liefert, muss es daher noch Bilderpaare geben, die relevant sind, aber nicht von dieser Technik erfasst werden. Unter Ausschluss dieser Tatsache lässt sich zusammenfassend sagen, dass viele Coverbilder existieren, die den Steganogrammen sehr ähnlich sind, und dass das Einbauen von Falschalarmen zu einer besseren Generalisierung führt. Auf der anderen Seite ist das Vergrößern der Trainingsmenge um die Falschalarme und Misses nicht signifikant besser als das alleinige Einbauen von Falschalarmen.

LITERATUR

[1] C. Schölkopf, Bernhard; Smola, Alexander J.; Dietterich, Thomas (Hrsg.): Learning with Kernels. Support Vector Machines, Regularization, Optimization, and Beyond. Cambridge, MA, USA : The MIT Press, 2002 <http://www.learning-with-kernels.org>. – ISBN 0-262-19475-9

[2] Lyu, Siwei; Farid, Hany: Steganalysis Using Higher-Order Image Statistics. In: IEEE Transactions on Information Forensics and Security 1 (2006), March, Nr. 1, S. 111–119. <http://dx.doi.org/10.1109/TIFS.2005.863485>. – DOI 10.1109/TIFS.2005.863485. – ISSN 1556-6013

[3] Mallat, Stephane: A Wavelet Tour of Signal Processing, 3rd ed., Third Edition: The Sparse Way. Academic Press; 3 edition (January 23, 2009), 2009

[4] Rasmussen, Carl E.; Williams, Christopher K. I.: Gaussian Processes for Machine Learning. The MIT Press, 2006

[5] Le, Pham Hai D.; Franz, Matthias O.: Single Band Statistics and Steganalysis Performance. In: International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 0 (2010), S. 188–191. <http://dx.doi.org/http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/IIHMS-SP.2010.54>. –DOI <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/IIHMS-SP.2010.54>. ISBN 978-0-7695-4222-5

[6] Bas, Patrick; Filler, Tomás; Pevný, Tomas: Break Our Steganographic System – the ins and outs of organizing BOSS. In: T. Filler, A. K. T. Pevný (Hrsg.); Craver, S. (Hrsg.): Information Hiding, 13th International Workshop, Lecture Notes in Computer Science, Prague, Czech Republic, LNCS, May 18.–20.2011

[7] Ker, Andrew D.; Lubenko, Ivans: Feature reduction and payload location with WAM steganalysis. In: Media Forensics and Security, 2009, S. 72540

	Train	Add	Test	Dp	0.01 FA
Normal	2000	–	2000	77,00 %	3,45 %
FA	3114	1114	2000	80,00 %	10,05 %
Miss	2977	977	2000	79,00 %	6,10 %
Error	4029	2029	2000	78,00 %	10,8 %
All	5518	3518	2000	80,00 %	14,75 %

TABELLE 4.1: Bootstrapping mit Falschalarme und Misses

REDUKTION DER STRAHLUNGSINTENSITÄT VON GSM-MOBILFUNK-BASISSTATIONEN IN WOHNGEBIETEN

Wolfgang Skupin, Simon Zeller



Prof. Dr.-Ing.
Wolfgang Skupin

promovierte an der TU
Braunschweig über ein

Thema aus dem Bereich der Funknavigationssysteme.

Während seiner Industrietätigkeit war er Systementwickler und Projektleiter im Bereich „Funk und Navigation“ der damaligen Firma SEL in Stuttgart.

Seit 1986 ist er Professor an der HTWG Konstanz und vertritt dort die Fachgebiete Kommunikations- und Übertragungstechnik mit Schwerpunkten bei der Funkkommunikation und der Satellitennavigation.



Simon Zeller

studiert aktuell im 7. Semester Elektro- und Informationstechnik an der HTWG

Konstanz und steht kurz vor dem Bachelorabschluss. Vor dem Studium absolvierte er eine Ausbildung zum Kommunikationselektroniker Fachrichtung Informationstechnik und arbeitete 2,5 Jahre als Facharbeiter im Ausbildungsbetrieb.

1 EINLEITUNG

Eine zunehmende Anzahl von Bürgern befürchtet gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Mobilfunk. Dies drückt sich u. a. durch eine Vielzahl von Bürgerinitiativen und Bündnissen aus, die sich gegen den Ausbau, aber auch gegen bestehende Installationen des Mobilfunks wenden. Aus diesem Umfeld werden aber auch Vorschläge und Strategien entwickelt, die eine Reduktion der Strahlungsexposition, insbesondere in Wohngebieten, anstreben.

Im Rahmen des von der Landesregierung Baden-Württemberg geförderten Projekts „Rendezvous mit der Zukunft“, das eine Zusammenführung von Wissen und Anliegen aus Bürgerorganisationen mit den wissenschaftlichen Kompetenzen von Hochschulen zum Zwecke nachhaltiger Entwicklung anstrebt, wurde das Teilprojekt „Strahlungsarmer Mobilfunk“ entwickelt. Die Beantragung erfolgte durch die Bürgerinitiative „Humaner Mobilfunk“. Die Fakultät „Elektrotechnik und Informationstechnik“ der HTWG Konstanz übernahm die wissenschaftliche Begleitung.

Konkret ging es in diesem Teilprojekt darum, Vorschläge zur Reduktion der Strahlungsintensität von Basisstationen in Wohngebieten zu analysieren und auf ihre technische Machbarkeit hin zu untersuchen. Eine Betrachtung möglicher medizinischer Auswirkungen des Mobilfunks – die nach wie vor äußerst kontrovers diskutiert werden – war definitiv nicht Gegenstand des Projekts. Aus Gründen der begrenzten Bearbeiterkapazität sowie des relativ engen Zeitraums musste sich das Projekt auf GSM-Basisstationen (Mobilfunk der 2. Generation) und hierbei im wesentlichen auf die Verlagerung von Basisstationen in die Außenbereiche von Siedlungsräumen beschränken. Dabei wurde auch die exemplarische Betrachtung einer realen Funkzelle vorgesehen.

2 WELLEN AUSBREITUNG UND LEISTUNGSBUDGET

In der Funktechnik wird die Signalübertragung mittels elektromagnetischer Wellen vorgenommen. Beim Mobilfunk erfolgt die Wellenausbreitung vergleichbar zu der des sichtbaren Lichts. Zwischen dem Sender und dem Empfänger erfahren die Funkwellen eine Dämpfung. Auf dem Signalpfad erfolgen also (Pegel-)Verluste. Für eine funktionsfähige Funkverbindung benötigt der Empfänger einen Mindestempfangspegel. Der maximal zulässige Pfadverlust muss beim Empfänger diesen Mindestempfangspegel gerade noch gewährleisten. Im Sinne von „strahlungsarmem“ Mobilfunk soll also die Strahlungsintensität im Nutzungsbereich nicht unnötig groß sein, muss aber den erforderlichen Mindestpegel für die Empfangsgeräte einhalten.

2.1 Ausbreitungsmechanismen und Pegelangaben

Als elementare Form der Wellenausbreitung ist die isotrope Strahlung anzusehen. Hierbei wird davon ausgegangen, dass sich die elektromagnetische Welle kugelförmig von der Quelle her ausbreitet. Die Strahlungsintensität bzw. Strahlungsdichte ergibt sich nach der Formel:

Strahlungsdichte:

$$S(d) = P_{\text{EIRP}} / (4\pi d^2) \quad (1)$$

Hierin ist P_{EIRP} die isotrop – also in alle Richtungen gleichermaßen – effektiv abgestrahlte Leistung („Effectively Isotropically Radiated Power“) und d der Abstand des Messpunktes zur Strahlungsquelle. Die effektiv abgestrahlte Leistung ergibt sich aus der eigentlichen Senderleistung sowie dem durch die Richtwirkung der Antenne hervorgerufenen Antennengewinn. Die physikalische Einheit der Strahlungsdichte ist W/m^2 . Die zur Strahlungsdichte korrespondierende Feldstärke hat die physikalische Dimension V/m und ergibt sich über

den Wellenwiderstand des freien Raumes Z_0 , Fr zu :

Feldstärke (Effektivwert):

$$E_{\text{eff}}(d) = \sqrt{S \cdot Z_0 \cdot F_r} \quad (2)$$

Bei diesen idealisierten Annahmen nimmt die Strahlungsdichte S also proportional zu $1/d^2$ und die Feldstärke proportional zu $1/d$ ab. Diese Abnahme tritt aber nur bei der so genannten Freiraumausbreitung auf. Hierbei muss die 1. Fresnelzone (dies ist ein Rotationsellipsoid mit Sender und Empfänger in den Brennpunkten) hindernisfrei sein. Im Mobilfunk sind solche Freiraumausbreitungen nur sehr selten gegeben. Vielmehr werden die elektromagnetischen Wellen an Grenzflächen reflektiert und an Hindernissen gebeugt oder gar abgeschattet. Dies gilt insbesondere bei Funkverbindungen in dicht bebauter Umgebung oder gar innerhalb von Gebäuden. Aufgrund dieser Ausbreitungsmechanismen kommt es zum Mehrwegeempfang, d. h. das Sendesignal gelangt über mehrere Pfade vom Sender zum Empfänger. Dieser Effekt ist in Bild 1 skizziert.

Die direkte (Sicht-)Verbindung zwischen Sender und Empfänger wird als „Line-of-Sight“ (LOS) und die anderen Pfade als „Non-Line-of-Sight“ (NLOS) bezeichnet. Die einzelnen Signalanteile stellen dabei Spannungszeiger bzw. Vektoren dar. Durch die vektorielle Überlagerung der Signalanteile entstehen konstruktive und destruktive Interferenzen, die zu Pegelschwankungen („Fading“) führen. Selbst in wenig bebauter Umgebung treten solche

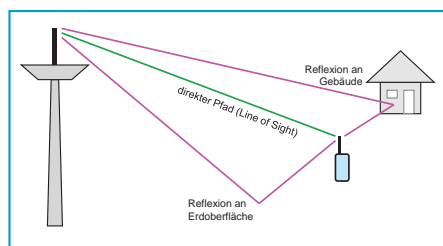


ABB. 1: Entstehung von Mehrwegeempfang (Multipath)

Multipatheffekte auf, da es zumindest an der Erdoberfläche zu Reflexionen kommt. Bei realen Funkverbindungen erfolgt die Abnahme des Signalpegels bzw. der Strahlungsdichte über der Entfernung daher meist mit höherer Ordnung als bei Freiraumausbreitung.

2.2 Modellierung und Simulation der Ausbreitungsbedingungen

Für die Planung von Funknetzen und die Abschätzung der zu erwartenden Feldstärken bedient man sich mathematischer Ausbreitungsmodelle. Die einfachste Form ist die Modifikation der Freiraumausbreitung durch Einführung eines Ausbreitungskoeffizienten α , der den Einfluss der Bebauung und Umgebung wiedergibt und die stärkere Strahlungsdichteabnahme über der Entfernung d gegenüber der Freiraumausbreitung bewirkt. Eine genauere Beschreibung findet man in der Lit. [1], [3] und [4]. Diese Berechnungen erlauben aber nur eine grobe Abschätzung der zu erwartenden Signalpegel bzw. Strahlungsdichten. Für detailliertere Betrachtungen wurden aus einer Vielzahl von real vermessenen Funkstrecken repräsentative Ausbreitungsmodelle entwickelt, die einerseits die technischen Systemdaten wie Sendeleistung, Antennengewinne, Betriebsfrequenz und Antennenhöhen von Sender und Empfänger berücksichtigen. Zum anderen wird das Szenario mit typischer Bebauung und Geländeform in das Modell einbezogen. Es gibt verschiedene allgemein akzeptierte Modelle. Für Makro-funkzellen (Durchmesser ca. 10–40 km) ist das Okumura-Hata-Modell weit verbreitet. Es ist geeignet für den Frequenzbereich von 150–1000 MHz und Entfernungen zum Sender von $d = 1$ bis 20 km. Eine genaue Beschreibung findet man in Lit. [1] bis [4]. Mit dem Okumura-Hata-Modell lassen sich GSM-Makrozellen im 900-MHz-Bereich gut berechnen. Für Mikrozellen (Durchmesser einige 100 m bis wenige km) muss das Okumura-Hata-Modell weiter entwickelt werden, um auch für Entfernungen

< 1 km und für Frequenzen oberhalb von 1000 MHz belastbare Ergebnisse zu liefern. Ein verbreitetes Standardmodell ist das COST231-Walfish-Ikegami-Modell. Dieses erfasst im Gegensatz zum Okumura-Hata-Modell auch Details der Bebauung wie z. B. Straßenbreiten, mittlerer Abstand zwischen Gebäuden und typische Gebäudehöhen. Damit eignet sich das COST231-Walfish-Ikegami-Modell speziell für Mikrozellen in urbaner Umgebung, aber auch für Vorstadtbebauung. Es ist ausgelegt für den Frequenzbereich von ca. 800–2000 MHz und für Entfernungen zum Sender von $d = 20$ m bis 5 km. Es unterscheidet prägnant zwischen Funkstrecken mit Sichtverbindung (LOS) und ohne Sichtverbindung (NLOS). In Abschnitt 3 werden Strahlungsdichten dargestellt, die nach dem COST231-Walfish-Ikegami-Modell berechnet wurden. Genauere Angaben zu diesem Ausbreitungsmodell findet man u. a. in Lit. [2].

Die präzisesten Angaben zur Strahlungsdichte erhält man, wenn man die einzelnen Pfade des Signalwegs einzeln betrachtet, die Beugungen, Reflexionen und Abschattungen in jedem Pfad ermittelt und dann die einzelnen Signalanteile am Empfangsort vektoriell aufaddiert. Diese Methode des „Ray Tracing“ ist sehr aufwändig, da das Szenario sehr detailliert bekannt sein muss (Materialeigenschaften der reflektierenden Flächen, Geometrie aller Gebäude und räumliche Anordnung aller potenziellen Reflektoren). Zudem erfordert das Ray Tracing umfangreiche Berechnungen, was zu sehr langen Rechenzeiten führen kann. Daher wird reines Ray Tracing für sich alleine nur selten durchgeführt. In Simulationen wird häufig eine Mischform aus Ray Tracing für dominante Signalpfade und statistischen Ausbreitungsmodellen für das restliche Szenario eingesetzt. In Abschnitt 4 sind derartige Simulationsergebnisse aufgeführt, wie sie auch zur Funknetzplanung eingesetzt werden.

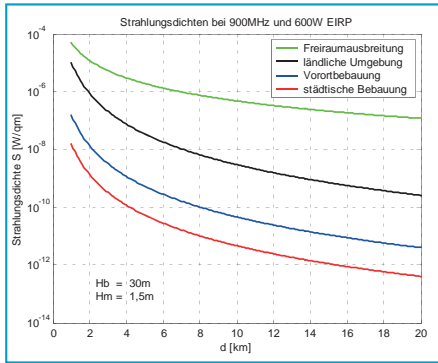


ABB. 2: Strahlungsdichten nach Okumura-Hata bei 900 MHz für verschiedene Umgebungen und Bebauungen; Strahlungsdichte in 1,5 m Höhe; Antennenhöhe der Basisstation: 30 m, Senderleistung: 20 W; Antennengewinn: 14,7 dBi

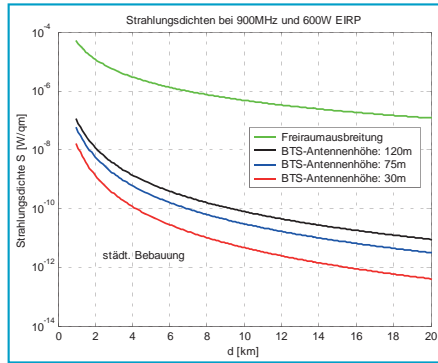


ABB. 3: Strahlungsdichten nach Okumura-Hata bei 900 MHz für verschiedene Sendemasthöhen in städtischer Bebauung; Strahlungsdichte in 1,5 m Höhe; Senderleistung: 20 W; Antennengewinn: 14,7 dBi

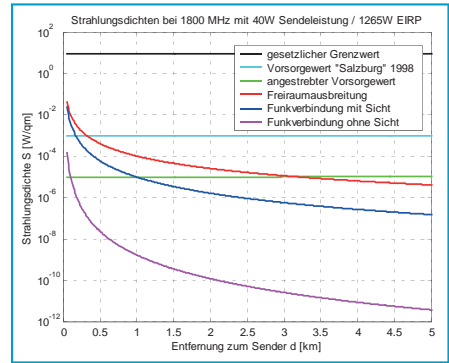


ABB. 4: Verlauf der Strahlungsdichten nach COST231-Walfish-Ikagami-Modell bei 1800 MHz und Vorstadtbebauung

3 STRAHLUNGSREDUKTION DURCH DEZENTRALE BASISSTATIONEN IM AUSSENBEREICH

Für alle Funkanlagen und damit auch für Standorte von Mobilfunk-Basisstationen gibt es gesetzliche Grenzwerte für die Strahlungsdichte S bzw. die Feldstärke E , die in Bereichen, in denen sich dauerhaft Personen aufhalten (können), nicht überschritten werden dürfen. Diese Grenzwerte werden bei realen Standorten sicher eingehalten und meist klar unterschritten. Mobilfunkkritiker und elektro-sensible Bürger bemängeln aber, dass diese Grenzwerte zu hoch angesetzt sind, da sie nur thermische Auswirkungen der Strahlung berücksichtigen. Gesundheitliche Beeinträchtigungen werden dagegen schon weit unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte befürchtet und werden in der Wissenschaft kontrovers diskutiert. In Tabelle 1 sind verschiedene Grenzwerte aufgeführt,

auch die von Mobiltelefonen für sicheren Betrieb benötigte Mindeststrahlungsdichte. Die Feldstärke E ist dabei sowohl linear in V/m als auch im logarithmischen Maßstab in dBµV/m angegeben, wie er in vielen Simulationen verwendet wird.

Man erkennt, dass für eine sichere Funktion von Mobiltelefonen Strahlungsdichten weit unter dem gesetzlichen Grenzwert ausreichend sind. Andererseits müssen die Pfadverluste auf dem Ausbreitungsweg berücksichtigt werden und eine Schwundreserve („Fading Margin“) muss mit einkalkuliert werden.

Eine Grundidee zur Reduktion der Strahlungsdichte in Wohngebieten ist, die Basisstation nicht im Ortszentrum, sondern im Außenbereich aufzustellen. Dann ist die strahlungsintensive Nahzone unbewohnt oder nur schwach besiedelt und im bewohnten Gelände ist nur mit moderaten

und dazu auch noch relativ homogenen Strahlungsdichten zu rechnen. Bild 2 zeigt Strahlungsdichten für GSM im 900-MHz-Bereich. Die Ergebnisse wurden nach dem Okumura-Hata-Modell für verschiedene Besiedlungsformen berechnet.

Es lässt sich gut erkennen, dass im Entfernungsbereich von ca. 4 bis 20 km die Strahlungsdichte im Vergleich zum Nahbereich relativ homogen verläuft. Es wird deutlich, dass gegenüber der Freiraumbreitung die Strahlungsdichte bereits in ländlicher Umgebung deutlich reduziert ist. Dies gilt umso mehr für Vorortbebauung und für städtische Bereiche. Es ist auch zu erkennen, dass die für Mobiltelefone bei 900 MHz benötigte Mindeststrahlungsdichte von ca. $4 \cdot 10^{-12}$ W/m² in städtischer Bebauung bereits ab etwa 13 km Entfernung zum Sender unterschritten wird. Eine Erhöhung der Strahlungsdichte zur Erzielung größerer Reichweiten kann durch eine Vergrößerung der Masthöhe für die Sendeanenne bei der Basisstation erfolgen. Bild 3 zeigt den Effekt für die 3 Antennenhöhen 30 m, 75 m und 120 m.

Es ist erkennbar, dass sich die Signalpegel damit anheben lassen. So wird die bei 900 MHz für Mobiltelefone minimal benötigte Strahlungsdichte bei einer Antennenhöhe von 75 m bis zu einer Entfernung von $d = 20$ km nicht unterschritten. Es ist jedoch anzumerken, dass ein solches Szenario nicht sehr realistisch ist, da in städtischer Umgebung aus Gründen der Systemkapazität eher Mikrozellen als Makrozellen zum Einsatz kommen und damit Zellradien von 20 km eine Ausnahme darstellen.

Für den Nahbereich einer Basisstation – zumal in städtischer Bebauung – liefert das COST231-Walfish-Ikagami-Modell aus-

Grenzwert → ↓ Kriterium	Strahlungsdichte	Feldstärke E_{eff} (linear)	Feldstärke (logarithmisch)
gesetzlicher Grenzwert Deutschland	$9 \text{ W/m}^2 = 9\,000\,000 \mu\text{W/m}^2$	58,2 V/m	155,3 dBµV/m
Vorsorgewert Salzburg (A) von 1998	$10^{-3} \text{ W/m}^2 = 1000 \mu\text{W/m}^2$	0,6 V/m	115,6 dBµV/m
angestrebter Vorsorgewert in D (2001)	$\leq 10^{-5} \text{ W/m}^2 = 10 \mu\text{W/m}^2$	0,06 V/m	95,6 dBµV/m
stabiler Mobiltelefonbetrieb (m. Schwundres.)	$\leq 10^{-9} \text{ W/m}^2 = 0,001 \mu\text{W/m}^2$	614 µV/m	55,8 dBµV/m
Grenzempfindlkt. v. Mobiltelefonen (o. Pegelreserve)	$\approx 2 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2 = 0,000002 \mu\text{W/m}^2$	27,5 µV/m	28,8 dBµV/m

TABELLE 1: Grenzwerte für Strahlungsdichte S

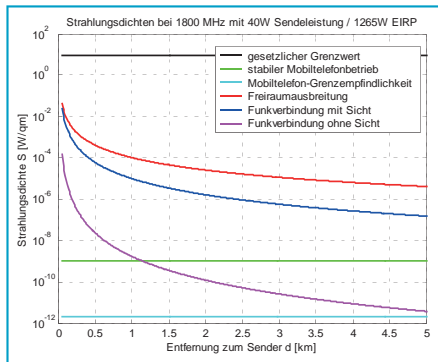


ABB. 5: Erforderliche minimale Strahlungsdichten und Verlauf der Strahlungsdichten nach COST231-Walfish-Ikegami-Modell bei 1800 MHz und Vorstadtbebauung

sagekräftigere Werte. In den hier untersuchten und dargestellten Fällen wurden folgende Vorgaben für ein GSM1800-Vorstadtsszenario gemacht:

- Höhe der Sendeantenne: 12 m
- mittlere Dachhöhe: 8 m
- mittlere Straßenbreite: 12 m
- mittlerer Gebäudeabstand: 5 m

Damit befindet sich die Sendeantenne oberhalb der mittleren Dachhöhe. Die Strahlungsdichte wird in 1,5 m Höhe über dem Boden ermittelt. Dabei werden sowohl Funkstrecken mit Sichtverbindung (LOS) als auch ohne Sichtverbindung (NLOS) untersucht. Die Sendeleistung der Basisstation beträgt 40 W und der Antennengewinn unter Einbeziehung der Kabelverluste liegt bei 15 dB, das ergibt eine EIRP von 1265 W. Bild 4 zeigt den Verlauf der Strahlungsdichten bei Freiraumausbreitung sowie bei Funkstrecken mit und ohne Sichtverbindung. Zusätzlich sind der gesetzliche Grenzwert, der Vorsorgewert nach dem „Salzburger Modell“ von 1998 und der von mehreren Initiativen angestrebte Vorsorgewert eingetragen.

Man erkennt, dass alle Strahlungsdichten erwartungsgemäß klar unterhalb des gesetzlichen Grenzwertes liegen. In unmittelbarer Nähe zur Basisstation überschreitet die Strahlungsdichte aber sowohl den Vorsorgewert des „Salzburger Modells“ als auch den nochmals strengeren und von einigen Initiativen angestrebten Vorsorgewert. Aber ab ca. 1 km Abstand zur Basisstation wird auch dieser Grenzwert eingehalten.

Im Sinne eines zuverlässigen Mobilfunkbetriebs ist aber natürlich auch die Frage zu stellen, wie es mit der Einhaltung der für Mobiltelefone benötigten Mindest-

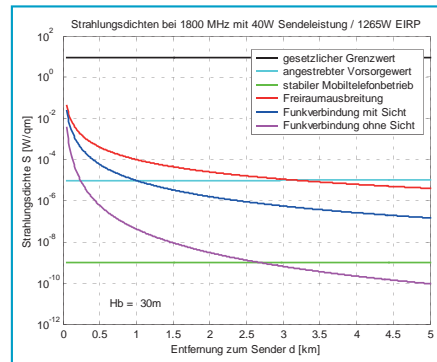


ABB. 6: Strahlungsdichtegrenzen für Wohngebiete und Verlauf der Strahlungsdichten nach COST231-Walfish-Ikegami-Modell bei 1800 MHz und Vorstadtbebauung

strahlungsdichten im zu versorgenden Bereich aussieht. In Bild 5 sind diese Grenzwerte zusammen mit den erwarteten Strahlungsdichteverläufen eingetragen. Es ist weiterhin das gleiche Szenario zugrunde gelegt wie in Bild 4.

Es ist ersichtlich, dass selbst bei Funkverbindungen ohne Sicht die Strahlungsdichte bis zu 5 km Entfernung zur Basisstation nicht unter den Wert der Grenzempfindlichkeit von Mobiltelefonen fällt. Aber diese Betrachtung berücksichtigt nicht die notwendigen Pegelreserven, die ein Mobiltelefon für stabilen Betrieb benötigt. Bei Funkverbindungen ohne Sicht wird dieser Wert von 10^{-9} W/m² bereits ab ca. 1,1 km Entfernung zur Basisstation unterschritten. Bei Funkbetrieb mit Sichtverbindungen ist dagegen auch bei 5 km Abstand zur Basisstation noch ein komfortabler Abstand zum Grenzwert gegeben und stabiler Funkbetrieb kann erwartet werden. Das gilt aber natürlich nur sehr eingeschränkt für „indoor-Betrieb“, also innerhalb von Gebäuden. Hier liegen in der Regel keine Sichtverbindungen vor.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass nur ein recht eingeschränkter Versorgungsbereich übrig bleibt, wenn man den angestrebten Vorsorgewert von 10^{-5} W/m² nicht überschreiten und gleichzeitig den für sicheren Mobilfunkbetrieb erwünschten Wert von 10^{-9} W/m² einhalten will. Auch hier kann die Reichweite durch Erhöhung der Sendeantenne vergrößert werden. Allerdings vergrößert sich damit auch der Abstand zur Basisstation, ab dem der angestrebte Vorsorgewert unterschritten wird. Bild 6 zeigt die Verhältnisse bei dem Szenario der Bilder 4 und 5, nur mit einer Antennenhöhe bei der Basisstation von nunmehr 30 m.

Unter den gegebenen Spezifikationen würde sich der Wohn- und Versorgungsbereich auf Abstände von $d = 1$ bis 2,5 km eingrenzen (Unterschreiten des angestrebten Vorsorgewertes bei Sichtverbindung bis Erreichen des erforderlichen Mindestpegels bei fehlender Sichtverbindung). Es ist zu beachten, dass diese Modellrechnungen Anhaltspunkte für die Strahlungsdichten liefern, aber keine Garantien für die tatsächlich auftretenden Strahlungsdichten bieten.

4 SIMULATION EINES REALEN SZENARIOS

Für eine Funknetzplanung müssen detailliertere Untersuchungen vorgenommen werden als nur die pauschalierten Prognosewerte nach den Modellen aus Abschnitt 3 zu berechnen. Es müssen konkrete Geländedaten und Angaben zur Bebauung einbezogen werden und die sich daraus ergebende Vielfalt der Ausbreitungspfade berechnet werden. Dies erfolgt realistisch durch Simulationen mit dafür speziell entwickelter Wellenausbreitungs-Software. Im Rahmen dieses Projekts wurde die Software „WinProp“ der Firma AWE Communications GmbH eingesetzt. Das ursprüngliche Ziel war es, einen unter dem Aspekt der Strahlungsbegrenzung in Wohngebieten optimierten Standort für eine GSM1800-Basisstation im Bereich von Überlingen-Nußdorf am Bodensee zu finden. Dazu wurden Geländedaten und Angaben zur Bebauung von der Stadt Überlingen zur Verfügung gestellt. Es zeigte sich jedoch, dass durch die BundesNetzagentur dem beantragenden Mobilfunkbetreiber bereits ein Standort in der Funkzelle Nußdorf zugewiesen war. Dies ging aus der Standortdatensammlung der BNetzA für den Raum Überlingen hervor. Es wurde daraufhin der vorgesehene Standort mit den Daten der BNetzA simuliert, um die zu erwartende Strahlungsdichte in der Funkzelle Nußdorf zu ermitteln. In Bild 7 ist die Funkzelle als Karte (Quelle: Google Maps) angegeben. Der vorgesehene Standort für



ABB. 7: Karte der Funkzelle Überlingen-Nußdorf (Quelle: Google Maps)

die GSM1800 Basisstation ist nördlich der B31 auf dem Wasserhochbehälter vorgesehen.

Bild 8 zeigt die Ausbreitungsprognose aus der Simulation mit WinProp. Die Senderleistung beträgt 40 W und der effektive Antennengewinn inklusive der Verluste im Antennenkabel ergibt sich zu 15 dB. Damit tritt eine „Effectively Isotropically Radiated Power“ von $P_{\text{EIRP}} = 1265 \text{ W}$ auf. Die Antennenhöhe bei der Basisstation beträgt 45 m. Wegen des abschüssigen Geländes

wurde die Antenne mit 2° „Tilt“ nach unten ausgerichtet. Die Feldstärkeangaben beziehen sich auf eine Höhe von 1,5 m über Grund. Man erkennt, dass in direkter Sendernähe verhältnismäßig hohe Feldstärken auftreten (violette Färbung). Aber in bewohnter Umgebung bleiben die Werte mit typ. 65 bis 105 dBµV/m in moderatem Rahmen. Es zeigt sich, dass der Ort praktisch flächendeckend mit ausreichender Feldstärke für sicheren Mobilfunkbetrieb versorgt ist, die Feldstärken aber trotzdem den angestrebten Vorsorgewert von

95,6 dBµV/m nur in wenigen „Schneisen“ überschreiten. Es mag verwundern, dass in unmittelbarer Sendemastnähe keine größeren Strahlungsdichten auftreten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Mast eine Höhe von 45 m hat, die Feldstärke aber in 1,5 m Höhe angegeben wird. Hier ist man im nahen Senderumfeld also quasi noch im „Schatten“ der Sendeantenne. (Dies ist vergleichbar zur Helligkeit am Fuße eines Leuchtturms mit gebündeltem Lichtstrahl.)

Ein deutlich anderes Bild ergibt sich, wenn man die Basisstation in die Ortsmitte verlegen würde. Es wurde der Standort „Zum Salm 12“ herangezogen, auf dem sich bereits andere Mobilfunkanlagen befinden. (Wegen der gesamten Strahlungsintensität an diesem Standort wäre eine zusätzliche GSM1800-Basisstation dort aber vermutlich nicht genehmigungsfähig.)

An diesem zentralen Standort wurde die Senderleistung mit 20 W angenommen. Bei ansonsten gleichen Daten ergibt sich dann eine EIRP von 632 W. Die Antennenhöhe der Basisstation wurde hier mit 16,3 m angesetzt und auch kein „Tilt“ eingestellt. Bild 9 zeigt die simulierten Feldstärkeverläufe für diesen Fall.

Hier ergibt sich im Nahbereich der Anlage eine vergleichsweise hohe Strahlungsdichte (die aber immer noch deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert liegt!). Durch die geringere Höhe der Basisstationsantenne werden die nahegelegenen Bereiche stärker „beleuchtet“. Insgesamt ergeben sich größere Feldstärkevariationen im bewohnten Gebiet. Teilweise werden dabei Werte erreicht, die erheblich über den angestrebten Vorsorgewerten liegen. Zwar ist auch bei diesem Standort eine ausreichende Versorgung der gesamten Funkzelle zu erwarten, aber gerade in der Ortsmitte werden mit Feldstärken von bis zu 130 dBµV/m unnötig hohe Werte erreicht. Hier zeigt sich, dass der dezentrale Standort auf dem Wasserhochbehälter eine unkritische-

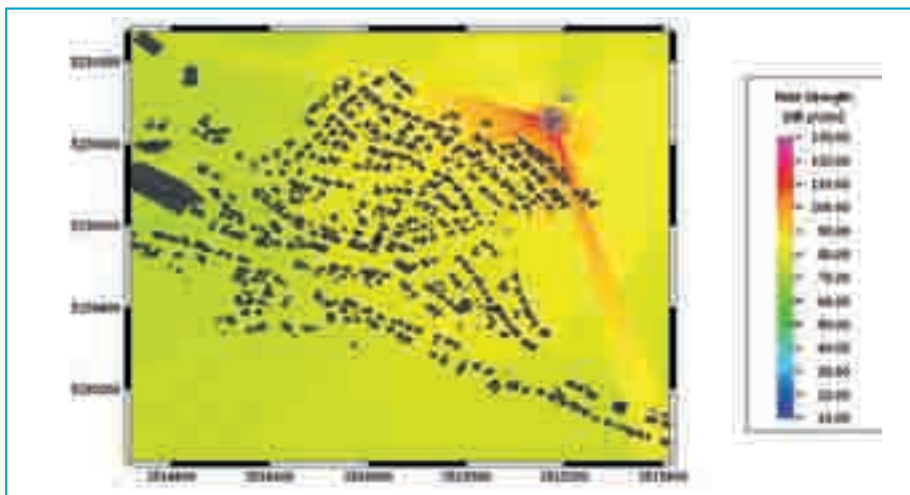


ABB. 8: Simulation der Feldstärke in der Zelle Nußdorf bei geplantem Standort Wasserhochbehälter

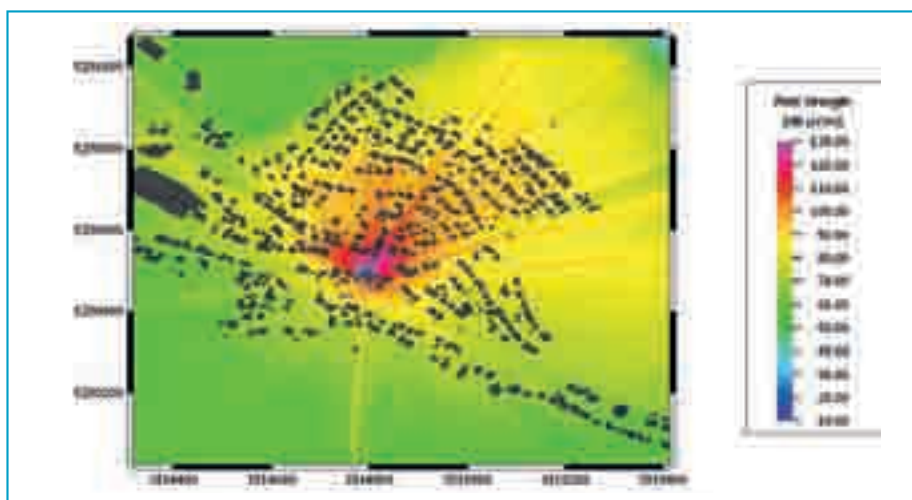


ABB. 9: Simulation der Feldstärke in der Zelle Nußdorf bei zentralem Standort in der Ortsmitte („Zum Salm 12“)

re und homogenere GSM1800-Versorgung der Funkzelle ermöglicht.

5 WERTUNG DER ERGEBNISSE

Zunächst einmal ist festzuhalten, dass die bestehenden und geplanten Mobilfunkinstallationen allesamt deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert der Strahlungsintensität liegen. Für die Netzbetreiber ergibt sich daher keine Notwendigkeit, bestehende Anlagen zu verlegen – was zudem mit beträchtlichen Kosten verbunden wäre. Anders stellt sich die Situation dar, wenn ein neuer Standort eingerichtet werden soll oder ein bestehender Standort gekündigt wurde und dafür Ersatz geschaffen werden muss. Es zeigt sich, dass insbesondere in ländlicher Umgebung durch eine Verlagerung der (GSM-)Basisstation in den Außenbereich der Wohnbebauung eine Reduktion der Strahlungsintensität häufig möglich ist, ohne dabei den sicheren Funkbetrieb ernsthaft zu gefährden.

Es ist abzusehen, dass bei Einhaltung des strengen Vorsorgewertes von $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$ eine sichere Versorgung im Innenbereich von Gebäuden („indoor“) nur eingeschränkt möglich ist. Dies ist durchaus im Sinne etlicher Mobilfunkkritiker, die ein Recht auf „strahlungsfreie Wohnungen“ postulieren und die Innenversorgung in das Belieben des Wohnungsnutzers stellen möchten (z. B. durch Einsatz von Repeatern). Im Sinne der Netzbetreiber ist dagegen gerade auch die indoor-Versorgung ein wichtiger Marketingaspekt. Hier wird es keine gemeinsame Lösung geben, sondern letztendlich wohl darauf ankommen, wie sich die Rechtsprechung zu dieser Problematik verhält.

Das Konzept der nach außen verlagerten Basisstationen ist bei GSM technisch prinzipiell durchführbar und wird an passenden Standorten auch bereits genutzt. Für Mobilfunk der 3. Generation (UMTS) ist das Konzept dagegen nicht bzw. nur eingeschränkt anwendbar, da hier die Zellen aufgrund dynamischer Leistungsregelung „atmen“ und entfernte Teilnehmer bei hoher Verkehrsbelastung abgeworfen werden. Dieses Verfahren ist aber im Endeffekt nur sinnvoll, wenn die Basisstation im Zentrum des Versorgungsbereichs und nicht an dessen Peripherie liegt.

6 AUSBLICK

Die Vorschläge von Bürgerorganisationen zur Reduktion der Strahlungsintensität beim Mobilfunk gehen weit über das hier betrachtete Konzept hinaus. So gibt es u. a. folgende Ansätze:

- abgesetzte Sende- oder Empfangsstationen
- Femto- und Atto-Zellen für die Versorgung der (Wohn-)Innenbereiche
- gemeinsame Anlagennutzung durch mehrere Netzbetreiber
- kleinzellige WLAN-Versorgung für Mobilfunk
- Nutzung optischer Übertragungsverfahren als Ersatz/Ergänzung zu Funkverfahren

Allen diesen Konzepten ist gemeinsam, dass sie nicht nur durch die Anwender bzw. Nutzer und ggf. durch die Kommunen in Kraft gesetzt werden können. Vielmehr ist die Mitwirkung von Netzbetreibern, Systemherstellern, Standardisierungsgremien, Regulierungsbehörden und Gesetzgebern – in unterschiedlichem Ausmaß – erforder-

lich. Hier sind sowohl grundlegende technische Probleme als auch administrative und ggf. gesetzliche Fragestellungen zu klären. Dies übersteigt jedoch deutlich die Möglichkeiten, die im Rahmen eines Projekts der vorliegenden Größenordnung gegeben waren.

DANKSAGUNG

Die Autoren danken der BundesNetz-Agentur für die Überlassung der Standortdaten und der Stadt Überlingen für die Bereitstellung der Gelände- und Bebauungsdaten. Den Vertretern der im Raum Überlingen aktiven Netzbetreiber Telefónica Germany GmbH, Vodafone D2 GmbH, T-Mobile Deutschland GmbH und E-Plus Mobilfunk GmbH wird für ihre Gesprächsbereitschaft und die Beantwortung des gestellten Fragenkatalogs gedankt. Dank gilt auch den Vertretern der „Bürgerinitiative für Humanen Mobilfunk“ für ihre sachlichen und konstruktiven Beiträge zum Projekt.

LITERATUR

- [1] Haykin, Simon; Moher, Michael: Modern Wireless Communications, Pearson Education Inc., 2005
- [2] AWE Communications GmbH: WinProp Documentation Propagation Models, Gärtringen, 2003
- [3] Skupin, Wolfgang: Skript zur Vorlesung „Funkkommunikation“, HTWG Konstanz Master EIM, 2011
- [4] Dreßler, Hans-Joachim: Mobile Kommunikationssysteme, HTWG Konstanz Master EIM, 2010

STRATEGISCHE FÄHIGKEITEN IN TECHNOLOGIE-UNTERNEHMEN DES MITTELSTANDES

Guido H. Baltes, Jérôme Gard, Michael Röllner



Prof. Dr. Guido Baltes

Seit 2006 Professor für Strategie & Marketing sowie Studiendekan im Studien-

gang Wirtschaftsingenieurwesen an der Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG). Die Schwerpunkte seiner Forschung liegen in strategischen Führungssystemen dynamischer inter- und intraorganisationaler Netzwerke, Strategischem Management & Führung sowie Innovationsmarketing. Studium der Luft- und Raumfahrttechnik mit Vertiefung Ingenieur-Planungstechnik an der UniBw München sowie der Wirtschaftswissenschaften mit Vertiefung Wirtschaftsinformatik an der Fernuniversität Hagen. Promotion zum Dr.-Ing. an der UniBw München zum Thema „Synergiemanagement in vernetzten Organisationen“. Anschließend tätig bei der Siemens AG im Bereich Corporate Strategy, zuletzt als Leiter der Abteilung Strategy & Marketing der Siemens Business Services Deutschland.



M. Eng. Dipl.-Ing. Jérôme Gard

Seit 2009 Promotion mit den Schwerpunkten

Technologie- und Innovationsmanagement, sowie Strategisches Management in mittelständischen Technologiefirmen und arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der HTWG Konstanz in einer Living Lab Einrichtung der Forschungsgruppe CoPS, dem Konstanzer Labor für Führungssysteme (eArchitecture Lab). Studium des Wirtschaftsingenieurwesens (M. Eng.) mit Vertiefung Technologie- und Innovationsmanagement an der HTWG sowie des Wirtschaftsingenieurwesens (Dipl.-Ing.) mit Vertiefung Fahrzeugtechnik an der University of Applied Sciences in Trier.



Michael Röllner

Seit 2008 Student der Betriebswirtschaftslehre an der HTWG und arbeitet

als studentischer Mitarbeiter im Forschungsprojekt iPlanPro der HTWG in einer Living Lab Einrichtung der Forschungsgruppe CoPS, dem Konstanzer Labor für Führungssysteme (eArchitecture Lab).

1 EINLEITUNG

Technologieorientierte Unternehmen befinden sich in einem Umfeld, welches sich in Abhängigkeit von Faktoren wie beispielsweise Markt oder Wettbewerbern ständig verändert, und stehen vor der Herausforderung, sich beständig an diese Veränderungen anpassen zu müssen, um erfolgreich bestehen zu können.

Diese Anpassungsfähigkeit wird unter anderem von den strategischen Fähigkeiten des Unternehmens, beispielsweise der Fähigkeit zur Strategieformulierung, bestimmt. In der unternehmerischen Frühphase sind dies individuelle Fähigkeiten des Unternehmers selbst. So können diese Unternehmen durch Intuition und Entscheidungsdominanz des Unternehmers schnell auf beispielsweise überraschend auftauchende Marktchancen reagieren.

Für weiteres Wachstum über die Frühphase hinaus müssen diese individuellen Fähigkeiten jedoch in organisationale Fähigkeiten gewandelt werden. Diese organisationalen Fähigkeiten werden in der ressourcenbasierten Perspektive als Quelle von Wettbewerbsvorteilen durch (Re)Konfiguration von Ressourcen in Adaption an volatile Marktparameter betrachtet („Dynamic Capabilities“).

Unternehmen im Übergang von der ersten (Frühphase) in die zweite Wachstumsphase stehen daher vor der Herausforderung, diese Dynamische Fähigkeit der Strategieformulierung auszubilden, um im Technologie- und Innovationswettbewerb ihres Umfeldes bestehen zu können.

Dies erscheint für viele mittelständische Unternehmen als Herausforderung. Die Strategieformulierung erfolgt dort oft informell und intuitiv ohne Einbeziehung der Mitarbeiter [37, 19], obwohl die negativen Folgen dessen (z.B. auf die Entscheidungsqualität) bekannt sind [5, 45, 8]. Daher wird in diesem Artikel die Strategieformulierung von Technologieunternehmen im Übergang von der ersten in die zweite Wachstumsphase untersucht und Möglichkeiten diskutiert, diese zu verbessern.

Dazu wird der Prozess strategischer Planung als Determinante von Strategiefähigkeiten im technologieorientierten Mittelstand diskutiert. Darauf aufbauend werden Aspekte der Entscheidungsqualität, insbesondere die Frage der Rationalität in der Strategieformulierung, untersucht. Abschließend werden Möglichkeiten zur Verbesserung der Strategiefähigkeit von mittelständischen Technologieunternehmen auf Basis der Integration von Werkzeugen des Risikomanagements diskutiert. Im Einzelnen werden dazu die Instrumente Balanced Scorecard und Bilanzsimulation betrachtet.

2 STRATEGISCHE MANAGEMENT-FÄHIGKEIT IN UNTERNEHMEN DES TECHNOLOGIEORIENTIERTEN MITTELSTANDES

Unternehmen, die sich in einem dynamischen Umfeld befinden, benötigen die organisationale Fähigkeit, sich durch beständige (Re-)Konfiguration von Ressourcen an sich verändernde Umweltbedingungen anzupassen. Dazu sind sequenzielle strategische Entscheidungen (z.B. über zukünftige Investitionen) nötig, die in ein Muster des Ressourceneinsatzes münden, welches als Strategie interpretiert werden kann [44]. Die organisationale Fähigkeit zur Formulierung dieser Strategie ist eine Dynamische Fähigkeit der strategischen Anpassung, durch die nachhaltige Wettbewerbsvorteile erzielt werden können.

In der unternehmerischen Frühphase ist diese Fähigkeit zur Strategieformulierung eine individuelle Fähigkeit des Unternehmers. Unternehmen, die diese Frühphase durchwachsen haben und Wachstumsstrategien verfolgen, stehen vor der Herausforderung zu lernen, diese individuelle Fähigkeit in eine organisationale Fähigkeit umzuwandeln. Diese Herausforderung betrifft vor allem den technologieorientierten Mittelstand, weil diese Unternehmen in genau dieser Phase stecken und durch Technologiemärkte von

dynamischen Umfeldern geprägt sind. Solche Unternehmen haben beispielsweise zwischen 50 und 300 Mitarbeiter, befinden sich in technologie- und innovationsgetriebenen Branchen und sind weder sehr jung (beispielsweise jünger als 5 Jahre) und auch nicht sehr alt (beispielsweise älter als 25 Jahre).

In der Literatur wird angenommen, dass die Strategieformulierung eines Unternehmens durch die Art und Umsetzung des Prozesses der strategischen Planung charakterisiert ist. Strategische Planung wird dort als systematisch-analytischer Prozess der strategischen Entscheidungsfindung verstanden. Auf Basis von Rationalität wird darin die strategische Stoßrichtung entwickelt, die für die gesamten organisationalen Aktivitäten einen koordinativen Rahmen bereitstellt. In diesem Sinne wird die strategische Planung als Determinante der Strategieformulierung betrachtet. In der Literatur werden hierzu vielfach Aspekte der generellen Prozessgestaltung sowie auch einzelner Elemente diskutiert. Dies erfolgt unter organisationstheoretischer und/oder entscheidungstheoretischer Perspektive [26, 5].

Diese Diskussion wird heute durch eine breite Basis empirischer Arbeiten unterstützt, die u.a. den Zusammenhang von Erfolgsgrößen und Gestaltungsfragen untersuchen. Hier sind vielfältige, mitunter uneindeutige und auch widersprüchliche Ergebnisse zu finden [5, 9, 31, 38, 46, 34]. Bis heute ist die Wirkung strategischer Planung auf den Unternehmenserfolg umstritten [41]. Demgegenüber gilt der positive Zusammenhang von Überlebenswahrscheinlichkeit und strategischer Planung als empirisch signifikant [4, 3]. Dieser Aspekt wird sowohl generell als auch spezifisch für bestimmte Unternehmenstypen diskutiert, z.B. bezogen auf Technologieunternehmen, Multi-Nationals und auch mittelständische Unternehmen [48, 26, 54, 3, 13]. Jedoch geht dies nicht zwangsläufig mit breiter Akzeptanz in der Industrie einher. Der Verbreitungsgrad strategischer

Planung wird, gerade in mittelständischen Unternehmen als sehr gering bewertet [17, 54].

Dort, wo mittelständische Unternehmen strategisch planen, erfolgt dies eher unstrukturiert, unregelmäßig und informell [42]. Nur wenige eher einfache Instrumente werden genutzt (primär Finanzanalyse und SWOT), wobei auf den Nutzen weiterer Instrumente (zumindest Budgeting, Portfolio-, Value-Chain-Analyse, Szenario Planung, Benchmarking, Gap Analyse, Risikoanalyse, Wettbewerbsanalyse, Verkaufsanalyse) hingewiesen wird [17, 36]. Im Gegensatz zur strategischen Planung beherrschen mittelständische Unternehmen die operative Planung in der Regel sehr gut [51]. In einer Umgebung dynamischer Marktparameter wird diese Fähigkeit benötigt, um flexibel reagieren zu können. Die positive Wirkung operativer Planung auf den Unternehmenserfolg ist generell akzeptiert [41].

Demnach ist das Planungsverhalten mittelständischer Unternehmen eher informell und operativ und durch den Unternehmenskontext (z.B. Größe, Alter, Branche) beeinflusst [37]. Die Abwesenheit strategischer Planung (z.B. explizite Pläne) scheint aber nicht zwingend einen Mangel

an Strategiefähigkeiten zu belegen [23]. Regelmäßige Planungsmeetings oder die Nutzung spezifischer Planungsprozesse (z.B. nach der St.Galler Schule) sind nicht von essenzieller Bedeutung [6].

Klar ist zumindest, dass die Strategiefähigkeit durch das Zusammenspiel des Umfelds (z.B. Diskontinuität der Umweltbedingungen, Unsicherheit bezüglich neuer Produkte oder Märkte, wahrgenommenes Risiko), der Reife (z.B. von Prozessen), der Komplexität (z.B. zunehmende Mitarbeiteranzahl, Höhe der finanziellen Ressourcen für zukünftige Investitionen) sowie der strategischen Orientierung (z.B. Technologieorientierung) bestimmt wird [41].

3 ENTSCHEIDUNGSQUALITÄT IN DER STRATEGIEFORMULIERUNG

Diese Untersuchung fokussiert auf Unternehmen, die sich im Übergang von der ersten (unternehmerischen Frühphase) in die zweite Wachstumsphase (wettbewerbsfähiges Unternehmen) befinden. Im Kontext der Dynamischen Fähigkeiten müssen diese Unternehmen die organisationale Fähigkeit der Strategieformulierung erlernen [50, 27]. Grundsätzlich wird dieser Reifeprozess mithilfe von Lebenszy-

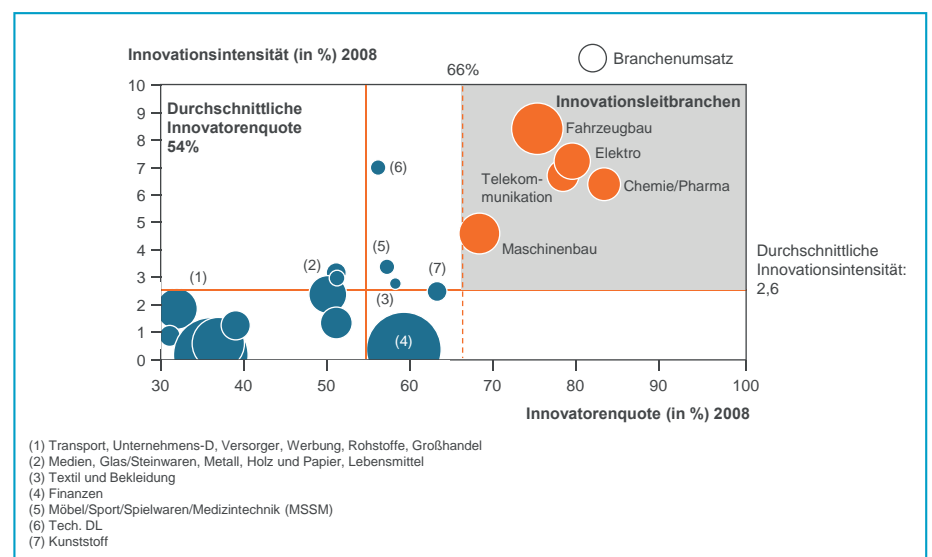


ABB. 1: Innovationsintensität und -quote in Abhängigkeit der Branche
 (Quelle: ZEW Innovationserhebung; Accenture Research)

klus- bzw. Wachstumstheorien beschrieben. Hier wird vorgeschlagen, dass Unternehmen ihre Managementfähigkeiten (z.B. zur Strategieformulierung) kontinuierlich an die neuen Anforderungen (determiniert durch Umfeld, Reife, Komplexität sowie strategische Orientierung) anpassen sollten, die sich im Laufe des Reifeprozesses verändern [49].

Es wird argumentiert, dass Unternehmen das Niveau der Formalisierung von Entscheidungsprozessen an die Unternehmensgröße anpassen sollten, um Entscheidungen transparent und nachvollziehbar zu gestalten [15, 55]. Diese Aspekte werden zumeist aus entscheidungs-, organisations- und verhaltenstheoretischer Sichtweise diskutiert. Vielfach werden dazu Aspekte intraorganisationaler Interaktion und deren Einfluss auf die strategische Entscheidungsfindung untersucht. Diskutiert wird beispielsweise die Rolle von Konflikten in der Organisation und deren Auswirkung auf strategische Entscheidungsprozesse [33]. Einigkeit besteht hier in der Forderung nach Einbeziehung des (mittleren) Managements [20]. Erwartet wird daraus eine positive Wirkung auf Engagement und Motivation (und somit die Umsetzungswahrscheinlichkeit strategischer Zielsetzungen) [19, 29].

Gegenteilige Effekte, insbesondere eine „schlechtere Entscheidungsqualität“ (im Sinne geringer Rationalität) wurden dagegen für Konstellationen mit individueller Dominanz und geringer Interaktion gezeigt [16]. Aus Sicht der Entscheidungstheorie kann dies generell bestätigt werden. Hier kann gezeigt werden, dass Individuen strategische Entscheidungen oftmals auf Basis persönlicher Neigungen und mit vereinfachten Entscheidungsregeln treffen und sich dies negativ auf die Entscheidungsqualität auswirken kann [12]. Dieses Verhalten ist nicht dadurch zu erklären, dass Manager zu risikofreudigen Entscheidungen neigen. Vielmehr kann dies dadurch erklärt werden, dass Entscheidungen auf limitierten Informationsgrundlagen und -quellen basieren [53].

Die hier betrachteten Unternehmen zeichnen sich, wie im vorangegangenen Kapitel ausgeführt, durch eher informelles und intuitives Planungsverhalten aus. Daher sind die hier ausgeführten Effekte geringer Entscheidungsqualität dort anzutreffen, obwohl ihre Investitionsintensität (ABB 1) dies als signifikantes Risiko erscheinen lässt [7].

Gerade für technologieorientierte Unternehmen des Mittelstandes ist daher die strategische Entscheidungsqualität aufgrund der Innovationsintensität und geringen Kapitalausstattung von existenzieller Bedeutung. Bereits wenige Fehlentscheidungen können aufgrund des hohen Investitionsbedarfs in Verbindung mit der geringen Eigenkapitaldecke existenzbedrohend werden. Daher sind hier für den Fall, dass die Managementfähigkeiten nicht adäquat angepasst werden, z.B. im Sinne gezeigter Entscheidungsqualität/Rationalität in der Strategieformulierung, negative Auswirkungen auf den Unternehmenserfolg (z.B. Wachstum) zu erwarten.

Dies kann empirisch anhand von Risiko-Return-Beziehungen nachgewiesen werden. Generell würde man davon ausgehen, dass Unternehmen, die ein höheres Risiko in Kauf nehmen, auch mit höheren Renditen (Chance) entschädigt werden [10, 40]. In Bezug auf Industrieunternehmen kann jedoch eine inverse Korrelation gezeigt werden [8]. Dieses sogenannte Bowman-Paradox zeigt, dass Industrieunternehmen höhere Risiken bei gleichzeitig geringerer Rendite akzeptieren.

Verbreitete Erklärungsmodelle dafür basieren auf Erkenntnissen zum individuellen Verhalten von Managern in Bezug auf Risiken. Diese folgen der Verhaltens- [39] und im speziellen der Prospect-Theorie. Hier wird unter anderem argumentiert, dass die Risikoeinschätzung von Managern vom Unternehmenserfolg abhängt, indem zum Beispiel Unternehmenserfolg über einem gewissen Referenzpunkt (ein typischer Referenzpunkt ist die mittlere Performance der Branche) zu risiko-averm Verhalten führt und umgekehrt [35]. Ein

alternatives Erklärungsmodell geht von der „Strategic-Fit-Theorie“ aus und erklärt das Bowman-Paradox auf der Basis unterschiedlich ausgeprägter Fähigkeiten zur organisationalen Anpassung in volatilen Umweltbedingungen [52]. Das Erklärungsmodell konnte grundsätzlich in Simulationen und auf Basis empirischer Daten validiert werden [2].

Um die Strategiefähigkeit zumindest im Sinne der Entscheidungsqualität/Rationalität zu steigern, wird die Integration von Ansätzen bzw. Instrumenten des Risikomanagements in das strategische Management gefordert [2]. Durch den Einsatz von Instrumenten des Risikomanagements sollen exzessive Verluste vermieden und die Wahrnehmung von Marktchancen (z.B. im Sinne von Innovation) [43] – also die Fähigkeit zur Anpassung an sich verändernde Umweltbedingungen – gesteigert werden [2].

Jedoch setzen gerade einmal 10% der deutschen KMU Instrumente des Risikomanagements ein und der Reifegrad in diesen Unternehmen scheint gering [30]. Daher werden nachfolgend Instrumente des Risikomanagements im Hinblick auf ihre Eignung für die Integration in die Strategieformulierung mittelständischer Unternehmen untersucht.

4 ANSÄTZE ZUR INTEGRATION DER RISIKOPERSPEKTIVE IN DIE STRATEGIEFORMULIERUNG MITTELSTÄNDISCHER TECHNOLOGIE-UNTERNEHMEN

Modellhaft lässt sich der Prozess des strategischen Managements in Form des Management Regelkreises (Plan, Do, Check, Act) beschreiben. Grundsätzlich kann die Integration der Risikoperspektive in den Prozessschritten „Check“ und „Plan“ erfolgen. Im „Check“ erfolgt dies primär über die Quantifizierung risikobedingter Abweichungen von Plangrößen im Controlling-Prozess [25]. Dies entspricht einem Soll-Ist-Abgleich, der als operative Anpassungsfähigkeit charakterisiert werden

kann und daher weniger relevant für die hier diskutierte strategische Anpassungsfähigkeit zu sein scheint. Für die Steigerung der Rationalität in der Strategieformulierung ist „Plan“ daher eher von Bedeutung.

Aus entscheidungstheoretischer Sicht (Bounded Rationality) kann unterstellt werden, dass Entscheidungen in den betrachteten Unternehmen modellhaft (u.a. auf Basis limitierter Information, persönlicher Neigungen sowie einfacher Entscheidungsregeln) getroffen und Risiken unvollständig und auf Basis von Schätzungen berücksichtigt werden.

Im Folgenden werden beispielhaft zwei Instrumente vorgestellt, Balanced-Scorecard und Bilanzsimulation, die potenziell die Risikoperspektive in der angestrebten Art und Weise integrieren könnten.

4.1 Balanced-Scorecard

Die Balanced-Scorecard ist ein Managementkonzept, das zur operativen Formulierung und Umsetzung von Strategie genutzt werden kann. Sie setzt sich aus Kennzahlen von vier Hauptperspektiven (Finanzen, Kunden, Prozesse und Mitarbeiter) zusammen und besteht aus den Elementen strategische Ziele, Kennzahlen, Zielvorgaben und Maßnahmen. Die Leistung des Unternehmens soll damit ausgewogen (Balanced) und übersichtlich (Scorecard) dargestellt werden. Durch Soll-Ist-Abgleich kann der Umsetzungsgrad strategischer Ziele gemessen und gegebenenfalls durch steuernde Eingriffe verbessert werden (z.B. durch Adjustierung der Maßnahmen).

Bei der Erweiterung um die Risikoperspektive werden den strategischen Zielen jeweils Einzelrisiken, Maßnahmen sowie Risikoindikatoren zugeordnet [18]. Für Risiken, deren Steuerung wirtschaftlich realisiert werden kann, werden entsprechende Instrumente eingesetzt. Beispielsweise kann durch Hedgen von Rohstoffpreisen das Preisrisiko gesteuert werden. Für Risiken, die nicht gesteuert werden können (z.B. technologischer Wandel), werden Risikoindikatoren festgelegt, die strategische

Maßnahmen auslösen. Die Risikoindikatoren sollen so als strategisches Frühwarnsystem wirken. Dazu werden die Indikatoren mit Schwellenwerten versehen, bei deren Über- bzw. Unterschreitung beispielsweise vorab festgelegte Maßnahmen in Kraft treten. So können mittelständische Unternehmen – im Sinne der eingangs erwähnten Forderung zur Verbesserung der strategischen Anpassungsfähigkeit – schneller auf Veränderungen der Umweltbedingungen reagieren.

Allerdings ist die Identifikation von Risiken eine Herausforderung, da das relevante Wissen implizit über die Organisation verteilt und an individuelle kognitive Fähigkeiten gebunden ist. Als hilfreiche Instrumente zur Risikoidentifikation haben sich in der Praxis Risikoerfassungsbögen oder Workflow-Diagramme erwiesen, die als Interaktionsgrundlage für Interviews, Workshops und Brainstormings dienen [24].

Der Balanced-Scorecard-Ansatz lässt Potenziale zur Integration der Risikoperspektive in das strategische Management erahnen. Unternehmen können dieses Instrument nutzen, um die Strategieumsetzung zu unterstützen. Die Forderung zur Verbesserung der Fähigkeit zur Strategieformulierung kann jedoch durch die erzielte Verbesserung im Soll-Ist-Vergleich nicht erfüllt werden. Zudem zeigen sich Schwächen im Hinblick auf die Wechselwirkung von Risiken, da hier lediglich Einzelrisiken ohne bestehende Korrelationen erfasst werden. Beispielsweise können Wechselkursrisiken direkten Einfluss auf Beschaffungsrisiken haben, wenn Preisanstiege von Rohstoffen aus dem Ausland eintreten. Abhilfe kann hier die Berücksichtigung der Risikobeziehungen durch Risikoaggregation schaffen. Dazu eignet sich die Bilanzsimulation.

4.2 Bilanzsimulation

Die Bilanzsimulation ist ein Planungsinstrument, das mögliche Unternehmensentwicklungen aus der Variation von Unternehmenskennzahlen der Finanz-,

Ertrags-, und Vermögens-Planung ableitet. Risiken werden über Einflussfaktoren (z.B. Preisentwicklung für Rohstoffe) und deren Wirkung auf Unternehmenskennzahlen mit den jeweiligen Effekten und Eintrittswahrscheinlichkeiten abgebildet. Hierbei wird sowohl die Wirkung möglicher exogener (z.B. Ausfall eines Lieferanten) sowie endogener Risiken (z.B. Ausfall einer Produktionsmaschine) mit den Plandaten verknüpft. Die Erfassung dieser Ursache-Wirkungs-Beziehung basiert jeweils auf den Einschätzungen von Experten. Hierbei zeigen sich ähnliche Herausforderungen wie bei der oben ausgeführten Risikoidentifikation.

Die Quantifizierung der Ursache-Wirkungs-Beziehungen kann aufgrund der Komplexität (unzählige Einflussfaktoren) mathematisch-analytisch nicht exakt gelöst werden. Daher wird dafür das stochastische Verfahren der Monte Carlo Simulation angewandt. Die identifizierten Risiken werden in verteilungsorientierte und ereignisorientierte Risiken unterteilt [24]. Effekte ereignisorientierter Einzelrisiken können lediglich zwei Zustände (Eintreten oder Nichteintreten des Risikos) annehmen. Diese Wirkung wird in der Regel durch eine Binominalverteilung beschrieben. Verteilungsorientierte Risiken werden durch die Summe einer Vielzahl von Einzelrisiken ausgelöst. Da diese in der Regel nicht sinnvoll aufgetrennt werden können, wird deren Gesamteffekt gemäß dem zentralen Grenzwertsatz als normalverteilt angenommen [22].

In der Simulation werden zunächst Zufallszahlen zwischen 0 und 1 generiert, die anschließend gemäß der jeweiligen Verteilfunktion Effekten zugeordnet werden. Hierzu werden beispielsweise für ein ereignisorientiertes Risiko mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 10% und einer Effekthöhe von € 100.000 zwei Intervalle ($0 \leq Z \leq 0,1$ mit € 100.000 und $0,1 \leq Z \leq 1$ mit € 0) festgelegt. Analog wird dies für die verteilungsorientierten Effekte durchgeführt, so dass die Zufallszahlen, Intervalle

und Effekthöhen eine Normalverteilung abbilden. Um die Wechselwirkungen zwischen den Effekten von Einzelrisiken zu berücksichtigen, werden diese für die Erzeugung der Zufallszahlen hinterlegt. Mithilfe dieser hinterlegten Wechselwirkungen (i.d.R. durch Cholesky-Zerlegung) können die unkorrelierten in korrelierte Zufallszahlen überführt werden. Die Korrelationswerte für die Wechselwirkung der Effekte werden ähnlich der Risikoidentifikation von Experten und/oder aus historischen Daten bestimmt.

In jedem Simulationsdurchlauf wird dann für jeden Einflussfaktor eine Zufallszahl (bzw. korrelierte Zufallszahl falls Wechselwirkungen definiert wurden) generiert, die auf Basis der zugehörigen Verteilfunktion dem jeweiligen Einflussfaktor eine Effekthöhe zuordnet. Die Summe der zugewiesenen Effekte in Bezug auf die jeweilige Plangröße spiegelt dann das Ergebnis eines Simulationsdurchlaufs wider. Wiederholt man diese Simulation in großer Zahl (z.B. 20.000-mal) ergibt sich daraus eine Normalverteilung für die Schwankungen der Plangröße als ein Ergebnis.

4.3 Diskussion und Bewertung

Die in diesem Abschnitt beispielhaft diskutierten Instrumente des Risikomanagements lassen die grundsätzlichen Potenziale erkennen, die in der Integration dieser Instrumente für die Strategiefähigkeit von Unternehmen des technologieorientierten Mittelstandes liegen:

- Steigerung der Reaktionsfähigkeit: Identifikation von Risiken, Festlegung von Indikatoren und Maßnahmen
- Steigerung der Rationalität: Quantifizierung von Risikohunger, explizite Steuerung eines Risikoportfolios
- Verbesserung der Kapitalausstattung: Optimierung des Cashflows, Berichtsfähigkeit/Kapitalzugang

Die Identifikation von Risiken sowie Frühwarnindikatoren für deren Eintreten und entsprechende Maßnahmenpläne verbessern die Reaktions- und Anpassungsfähigkeit der Unternehmen. Die Bilanzsimulation ermöglicht zusätzlich die Quantifizierung zu erwartender Effekte. Diese Quantifizierung ermöglicht weiter die Definition von akzeptierten Risikoniveaus/-höhen (z.B. auf Basis VaR Signifikanzniveau bei 5% oder 10%). Dies ist die Basis für eine objektive Quantifizierung des „Risikohungers“. Die darauf aufbauende Betrachtung von risiko-adjustierten Cash-Flow-Entwicklungen ermöglicht die Optimierung des Cash-Flows und damit die Optimierung des Eigenkapitalbedarfs. Dies wird nach den Basel-II-Kriterien positiv auf Fremdkapitalzinsen und Kapitalzugang wirken.

Für die „technische“ Integration der diskutierten (und weiterer alternativer) Instrumente des Risikomanagements konnten vielfältige Software-Werkzeuge identifiziert werden (z.B. Balanced-Scorecard Plus, Balanced Chance and Risk Card, Future Value Scorecard). Auch oft vorhandene Standardprogramme (z.B. Cristall-Ball, MS Excel) stellen statistische Werkzeuge bereit, welche die technische Umsetzung der diskutierten Instrumente ermöglichen [25].

Im Kontext des eingangs diskutierten, eher unstrukturierten und wenig von Instrumenten und Werkzeugen unterstützten Strategievorgehens im Mittelstand sind jedoch erhebliche Implementierungsbarrieren zu erwarten. Obwohl diese nicht so sehr durch prohibitive Investitionskosten gegeben sind, stehen der Integration der diskutierten Instrumente doch Punkte wie eine informelle Entscheidungskultur und fehlendes Know-how entgegen.

Gerade für die initiale Identifikation und Quantifizierung von Risiken sowie die Bestimmung der Ursache-Wirkungs-Beziehungen in der Bilanzsimulation wird Erfahrungs- und Expertenwissen benötigt, das in den betrachteten Unternehmen zum Zeitpunkt des Übergangs von der ersten in

die zweite Wachstumsphase in der Regel noch nicht vorhanden ist. Die Substitution dieses noch nicht vorhandenen Know-how durch externe Spezialisten/Berater ist wiederum aufgrund der damit verbundenen Kosten als prohibitiv zu sehen [22].

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass im technologieorientierten Mittelstand der Prozess strategischer Planung nicht unbedingt die Fähigkeit zur Strategieformulierung determiniert. Im Gegenteil kann auch in Unternehmen, in denen ein solcher Prozess nicht identifiziert werden kann, ein hohes Maß strategischer Fähigkeiten identifiziert werden.

Die Abwesenheit formalisierter Prozesse und analytischer Instrumente deutet jedoch darauf hin, dass strategische Entscheidungen in diesen Unternehmen eingeschränkter Rationalität und Intuition unterworfen sind. Dies kann als negativ im Sinne der Entscheidungsqualität/Rationalität interpretiert werden. Daher wurde untersucht, inwiefern Instrumente des Risikomanagements dazu geeignet sind, diese Entscheidungsqualität und damit die strategischen Fähigkeiten der Unternehmen zu verbessern.

Die eingehende Betrachtung der entsprechenden Werkzeuge und die Diskussion derselben vor dem Hintergrund des spezifischen Anforderungsprofils der betrachteten Unternehmen zeigen, dass beispielsweise Ansätze der Balanced-Scorecard und der Bilanzsimulation die Strategiefähigkeiten in der angestrebten Weise verbessern könnten. Jedoch sind in den betrachteten Unternehmen deutliche Implementierungshürden zu erwarten, die eine Hebung dieses Potenzials als wenig aussichtsreich erscheinen lassen. Diese ersten Ergebnisse wurden durch eine Anzahl von Tiefeninterviews mit entsprechenden Unternehmen bestätigt.

Die erste Auswertung dieser Interviews zeigt weiter, dass die Strategiefähigkeiten

dieser Unternehmen weniger in dokumentierten Prozessen als in (informellen) Routinen determiniert wird. Daher scheinen weniger mathematisch-komplexe als moderierende Instrumente geeignet, diese Routinen zu unterstützen. Zudem rückt die beschriebene Übergangssituation die Lernfähigkeit der betreffenden Unternehmen stärker in den Mittelpunkt. Daher werden auf Basis der vorliegenden Ergebnisse im Rahmen des Projektes iPlanPro durch Tiefeninterviews Fallstudien erarbeitet, die entsprechende organisationale Routinen aufzeigen und analysieren werden.

LITERATUR

- [1] Aaker, D., & Jacobson, R. (1987). The Role of Risk in Explaining Differences in Profitability. *Academy of Management Review*, 30(2), 277–296.
- [2] Andersen, T., Denrell, J., & Bettis, R. A. (2007). Strategic Responsiveness and Bowman's Risk-Return Paradox. *Strategic Management Journal*, 28(4), 407–429.
- [3] Andersen, T. J. (2000). Strategic planning, autonomous actions and corporate performance. *Long Range Planning*, 33(2), 184–200.
- [4] Andersen, T. J. (2004). Integrating Decentralized Strategy Making and Strategic Planning Processes in Dynamic Environments. *Journal of Management Studies*, 41(8), 1271–1299.
- [5] Baum, R., & Wally, S. (2003). Strategic decision Speed and Firm Performance. *Strategic Management Journal*, 24, 1107–1129.
- [6] Berman, J., Gordon, D., & Sussman, G. (1997). A Study to Determine the Benefits Small Business Firms Derive from Sophisticated Planning versus Less Sophisticated Types of Planning. *The Journal of Business and Economic Studies*, 3(3), 1–11.
- [7] Bhidé, A. (1994). How Entrepreneurs Craft. *Harvard Business Review*, 150–161.
- [8] Bowman, E. H. (1980). A risk/return paradox for strategic management. *Sloan Management Review*, 21(3), 27–31.
- [9] Brews, P., & Hunt, M. (1999). Learning to Plan and Planning to Learn. *Strategic Management Journal*, 20, 889–913.
- [10] Bromiley, P. (1991). Testing a Causal Model of Corporate Risk Taking and Performance. *Academy of Management Review*, 34, 37–59.
- [11] Buehler, K., Freeman, A., & Hulme, R. (2008). Owning the Right Risks. *Harvard Business Review*, 86(9), 102–110.
- [12] Busenitz, L. W. (1999). Entrepreneurial Risk and Strategic Decision Making. *Journal of Applied Behavioral Science*, 35(3), 325–331.
- [13] Capon, N. (1994). Strategic Planning and Financial Performance: More Evidence. *Journal of Management*, 31(1), 105–110.
- [14] Daily, C. M., McDougall, P. P., Covin, J. G., & Dalton, D. R. (2002). Governance and Strategic Leadership in Entrepreneurial Firms. *Journal of Management*, 28(3), 387–412.
- [15] Dalaba, O. G. (1973). Lengthening Your Shadow – The Key to Small Business Growth. *Journal of Small Business Management*, 11(3), 17–21.
- [16] Daniels, K. (2003). Asking the straightforward question: manager's perception and manager's emotions. *British Journal of Management*, 19–22.
- [17] Deimel, K. (2008). Stand der strategischen Planung in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in der BRD. *Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung*, 19, 281–298.
- [18] Diedrichs, M., & Form, S. (2003). Chancen- & risikoorientiertes Balanced Scorecard-Reporting. *Zeitschrift für Bilanzierung, Rechnungswesen und Controlling*, 9, 202–206.
- [19] Floyd, S., & Lane, P. (2000). Strategizing throughout the organization: Managing role of conflict in Strategic Renewal. *Academy of Management Journal*, 25(1), 154–177.
- [20] Floyd, S., & Wooldridge, B. (1997). Middle Management's Strategic Influence and Organizational performance. *Journal of Management Studies*, 34, 465–485.
- [21] Forbes, D. (2005). Managerial Determinants of Decision Speed in New Ventures. *Strategic Management Journal*, 26, 355–366.
- [22] Füser, K., Gleißner, W., & Meier, G. (1999). Risikomanagement (KonTraG) – Erfahrungen aus der Praxis. *Der Betrieb*, 15, 753–758.
- [23] Gibb, A., & Scott, M. (1985). Strategic Awareness, Personal Commitment and the Process of Planning in the Small Business. *The Journal of Management Studies*, 22(6), 597–632.
- [24] Gleißner, W. (2004). Auf nach Monte Carlo – Simulationsverfahren zur Risikoaggregation. *Risknews*, 1, 31–37.
- [25] Gleißner, W., & Romeike, F. (2008). Integriertes Chancen- und Risikomanagement: Verknüpfung mit strategischer Planung, wertorientierter Unternehmenssteuerung und Controlling. In R. Kalwait, R. Meyer, F. Romeike, O. Schellenberger & R. Erben (Eds.), *Risikomanagement in der Unternehmensführung – Wertgenerierung durch chancen- und kompetenzorientiertes Management* (pp. 195–220). Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- [26] Grant, R. M. (2003). Strategic planning in a turbulent environment: evidence from the oil majors. *Strategic Management Journal*, 24(6), 491–517.
- [27] Greiner, L. (1972). Evolution and Revolution as Organizations Grow. *Harvard Business Review*, 50(4), 37–46.
- [28] Hager, P. (2010). Cash Flow at Risk and Value at Risk im Unternehmen. Köln: eBook.
- [29] Hendry, J. (2000). Strategic Decision Making, Discourse and Strategy as social Practice. *Journal of Management Studies*, 37, 955–977.
- [30] Henschel, T. (2010). Erfolgreiches Risikomanagement im Mittelstand. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- [31] Hopkins, W., & Hopkins, S. (1997). Planning-Financial Performance Relationships in Banks: A Causal Examination. *Strategic Management Journal*, 18, 635–652.
- [32] Ireland, R. D., Hitt, M. A., Camp, S. M., & Sexton, D. L. (2001). Integrating entrepreneurship and strategic management actions to create firm wealth. *Academy of Management Executive*, 15(1), 49–63.
- [33] Jehn, K. (2001). The Dynamic Nature

of Conflict: A Longitudinal Study of Intragroup Conflict and Group Performance. *Academy of Management Journal*, 44(2), 238–251.

[34] Jemison, D. (1982). Organizational Versus Environmental Sources of Influence in Strategic Decision Making. *Strategic Management Journal*, 2(1), 77–89.

[35] Kahnemann, D., & Tversky, A. (1986). Rational Choice and the Framing of Decisions. *The Journal of Business*, 59(4), 251–278.

[36] Kraus, S., Herms, R., & Schwarz, E. J. (2007). Zur Relevanz der strategischen Planung für Wachstum junger KMU. *Zeitschrift für Management*, 2(4), 374–400.

[37] Kraus, S., Schwarz, E. J., & Reschke, C. H. (2005). Strategic Planning as a Prerequisite for Growth and Success in SMEs – Literature Review and Implications, DRUID Tenth Annual Summer Conference on Dynamics of Industry and Innovation. Organizations, Networks and Systems. Copenhagen, Denmark.

[38] Kukalis, S. (1991). Determinants of Strategic Planning Systems in Large Organizations: A Contingency Approach. *Journal of Management*, 17, 93–107.

[39] March, J. G., & Shapira, Z. (1992). Variable Risk Preferences and the Focus of Attention. *Psychological Review*, 99, 172–183.

[40] Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1).

[41] Mazzarol, T. W. (2009). The Strategy of Small Firms: Strategic Management and Innovation in the Small Firm. Cheltenham: Edward Elgar.

[42] Middleton-Stone, M., & Greer-Bush, C. (1996). Planning in Ambiguous Contexts: The Dilemma of Meeting Needs for Commitment and Demands for Legitimacy. *Strategic Management Journal*, 17(8), 633–652.

[43] Miller, K., & Chen, W. (2003). Risk and firm's costs. *Strategic Organization*, 355–382.

[44] Mintzberg, H., & Waters, L. (1985). Of Strategies, Deliberate and Emergent. *Strategic Management Journal*, 6(3), 257–272.

[45] Nickel, M., & Rodriguez, M. (2002). A review of research on the negative account-

ing relationship between risk and return: Bowman's paradox. *Omega*, 30, 1–18.

[46] Pearce, J., Freeman, E., & Robinson, R. (1987). The Tenuous Link between Formal Strategic Planning and Financial Performance. *The Academy of Management*, 658–675.

[47] Perlow, L., O., G., & R., N. (2002). speed trap: exploring the relationship between decision making and temporal context. *Academy of Management Journal*, 45, 931–955.

[48] Reichwald, R., & Möslin, K. (2005). Führung und Führungssysteme: HHL Arbeitspapier HHL – Leipzig graduate School of Management (70).

[49] Robinson, R., & Pearce, J. (1986). Product Life Cycle Considerations and the Nature of Strategic Activities in Entrepreneurial Firms. *Journal of Business Venturing*, 1(2), 207–224.

[50] Sharlit, B., & McConnel, C. (1989). Managing Growth. *Small Business Reports*, 14(7), 27–33.

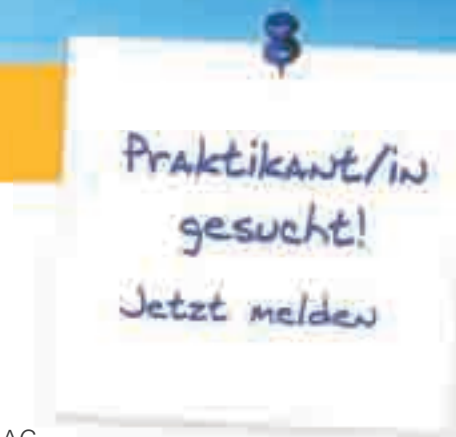
[51] Shrader, C. B., Lincoln, J. R., & Hoffman, A. N. (1989). The Network Structures of Organizations: Effects of Task Contingencies and Distributional Form. *Human Relations*, 42(1), 43.

[52] Siggelkow, N. (2001). Change in the Presence of Fit: The Rise, the Fall, and the Renaissance of Liz Claiborne. *The Academy of Management Journal*, 44(4), 838–857.

[53] Smeltzer, L., Van Hook, B., & Hutt, V. (1988). Environmental Scanning Practises in Small Businesses. *Journal of Small Business Management*, 26(3), 55–63.

[54] Stonehouse, G., & Pemberton, J. (2002). Strategic planning in SMEs – some empirical findings. *Management Decision*, 40(9), 853–861.

[55] Watson, T. (1995). Entrepreneurship and Professional Management: A Fatal Distinction. *International Small Business Journal*, 13(2), 34–44.



Modern, jung und kreativ?
Im Internet und den neuen Medien zu Hause?

Dann bewerben Sie sich für ein (studiumsbegleitendes) Praktikum beim
Deutschen Wetter Fernsehen, dem 24-Stunden-Wettersender der wetter.com AG.

Bewerben Sie sich als:

PRAKTIKANT/IN

Ihr Profil

- ▷ Kompetenzen in MS-Office
- ▷ Sehr gute Internetkenntnisse
- ▷ Erfahrungen mit redaktionellen Inhalten und Recherchen
- ▷ Know-how für die Erstellung von Präsentationen
- ▷ Teamfähigkeit
- ▷ Lernbereitschaft
- ▷ Eigeninitiative und Verantwortungsbewusstsein
- ▷ Sie bringen sich gerne ein und haben Spaß an der Arbeit

Wir bieten Ihnen

- ▷ Einen vielseitigen, modernen Arbeitsplatz in einem zukunftsorientierten Unternehmen
- ▷ Gute Bezahlung
- ▷ Zeitraum nach Absprache
- ▷ Eine freundliche Arbeitsatmosphäre
- ▷ Eine anspruchs- und verantwortungsvolle Tätigkeit
- ▷ Die Möglichkeit zur kreativen Umsetzung eigener Ideen
- ▷ Ständig wechselnde Aufgaben und Anforderungen
- ▷ Teamarbeit > Hierarchie

Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen senden Sie bitte an:

Wetter Fernsehen – Meteos GmbH

Werner-von-Siemens-Str. 22 | D-78224 Singen
T +49 (0) 7731 838- 0 | F +49 (0) 7731 838- 19

Gerne auch via E-Mail an: jobs@wetter.com

MARKEN DER WETTER.COM AG



reise.com

ABSICHERUNG MIT INVERSEN ETFS

Leo Schubert



Prof. Dr. Leo Schubert

BWL-Studienschwerpunkte
an der Universität Augsburg:
Marketing und Unterneh-

mensforschung.

1985: Promotion über Methoden der Daten-
analyse

bis 1991: CEO-Stabsstelle einer Großbank

seit 1991: Professor für Marketing an der HTWG
Konstanz

Forschungsaufenthalte und Kurzzeitdozenturen
in Mittelamerika.

Forschungsschwerpunkte: Marktforschung (insb.
Kapitalmarkt- und Zufriedenheitsforschung)

1 EINLEITUNG

Auf den Finanzmärkten scheint sich die Krise als Dauerzustand zu etablieren. Die zunehmenden Wertschwankungen auf diesen Märkten bedeuten ein erhöhtes Risiko für Investoren. Eine Absicherung gegen jedes Risiko einzelner Investitionsalternativen kann kaum noch garantiert werden. Um Wertverluste gering zu halten, wird deshalb eine möglichst breite Diversifikation empfohlen (in unterschiedliche Branchen, Währungen, Regionen, Sachwerte etc.). Eine Finanzinnovation, die so genannten **Exchange Traded Funds (ETF)**, ermöglicht auch Privatinvestoren, in globalen Märkten zu diversifizieren. Da das stark nachgefragte innovative Finanzprodukt relativ komplex hinsichtlich seiner Konstruktion ist und deren Robustheit bei Börsen-Crashes noch nicht ausreichend bewiesen, wurden von kompetenten Stellen Warnungen ausgesprochen.¹

ETFs sind Fonds, die – wie z.B. Aktien – ständig an den Börsen gekauft und verkauft werden können. Im Vergleich zu den klassischen Aktienfonds ist die Preisentwicklung eines ETF beobachtbar und die Struktur der darin enthaltenen Finanztitel veröffentlicht. Ferner sind die Kosten in der Form von Managementgebühren wesentlich geringer als die klassischer Fonds. In den meisten Fällen orientieren sich ETFs an der Zusammensetzung eines bekannten Marktindex. ETFs besitzen als Grundlage Indizes auf z.B. Aktien, Anleihen oder Währungen. Die Konstruktion von Aktien- und Anleihenindizes kann ein Risikopotenzial darstellen und sollte beachtet werden.²

Obgleich ETFs eine Investition, z.B. in den Aktienkorb eines Index, darstellen, wurden auf dieser Grundlage auch ETF Konstruktionen geschaffen, die wie Derivate mit einem Hebel ausgestattet sind. Falls der Index an einem Tag z.B. um 3% steigt, würde der entsprechend zweifach **gehebelte ETF** die doppelte Tagesrendite von 6% bieten. Exakt ist es knapp die doppelte Tagesrendite. Da die ETF anbietende Bank nicht nur für den Investitionsbetrag

Aktien des Index erwirbt, sondern zudem in der Höhe des Investitionsbetrages einen Kredit aufnimmt und deshalb der Kreditzins (von z.B. 5% p.a./360Tage = 0.014%) abgezogen werden muss, reduziert sich die doppelte Tagesrendite. Insgesamt kann durch die Kreditaufnahme der doppelte Investitionsbetrag durch die Bank in die Aktien des Index investiert werden, woraus für den Investor die doppelte (Eigenkapital-)Rendite entsteht. Um Renditeträume zu erden, empfiehlt es sich auch einen Index Wertverlust von -3% zu betrachten. In diesem Falle würde der zweifach gehebelte ETF einen Tagesverlust von knapp über -6% erleiden. Bei der Entscheidung für eine Investition in ETFs sollten die oben erwähnte Managementgebühr sowie der sogenannte „tracking error“, der beim Nachbilden³ des Index entsteht, einbezogen werden. Der ETF „db x-trackers DAX ETF“ (ISIN: LU0274211480) ist ein Beispiel für einen ungehebelten ETF auf den Deutschen Aktienindex DAX und der „Lynx ETF LevDAX“ (ISIN: LU0252634307) ein Beispiel für einen zweifach gehebelten ETF auf denselben Index.

Neben den positiv gehebelten ETFs wurden in den letzten Jahren auch **invers gehebelte ETFs** auf dem deutschen Finanzmarkt angeboten. Ein einfach invers gehebelter ETF würde, falls der Index in einem Tag um 3% steigt, entsprechend -3% Tagesverlust erleiden. Und bei einem zweifach gehebelten ETF wäre dieser Verlust -6%. Auch hier würde der inverse ETF bei fallenden Indexpreisen entsprechend positive Renditen von 3% beziehungsweise 6% ausweisen. Wie im Folgenden erläutert, wird diese Rendite des ETF geringfügig um eine Zinszahlung erhöht. Ein Beispiel eines einfach invers gehebelten ETF, auch oft short ETF genannt, ist der „db x-trackers ShortDAX ETF“ (ISIN: LU0292106241) und ein Beispiel eines zweifach invers gehebelten ETF ist der „EasyETF EURO STOXX 50 Double Short“ (ISIN: FR0010689695). Der „EURO STOXX 50“ ist ein europäischer Aktienindex.

Das Forschungsprojekt wurde durch die
Deutsche Bank AG gefördert.

In Krisenzeiten steigt meist der Bedarf an Absicherungsinstrumenten an den Finanzmärkten. Absicherungsinstrumente werden eingesetzt, um die Verluste eines Index beziehungsweise eines indexähnlichen Portfolios aus Wertpapieren auszugleichen. Dieser Prozess wird anglosächsisch als „Hedgen“ bezeichnet. Mit der Absicherung geht der Verzicht auf Gewinnchancen einher. Inverse ETFs können, da sie Gewinne und Verluste eines Index beziehungsweise eines indexähnlichen Portfolios aus Wertpapieren ausgleichen, zum Hedgen eingesetzt werden. Als Absicherung oder „Hedge“ wird dabei eine Mischung des zu sichernden Finanztitels (z.B. Index oder Portfolio) und des Sicherungsinstrumentes (hier: inverse ETFs) bezeichnet.

Wie sich ein inverser ETF bei der Absicherung auswirkt, wird Gegenstand der folgenden Analyse sein, für die mittels Monte-Carlo-Simulation die Wertentwicklung von Indizes beziehungsweise abzusichernder Portfolios generiert wird.

2 HEDGEN MIT INVERSEN ETFs

Die klassischen Absicherungsinstrumente sind Derivate, wie der sogenannte „short Future“ und der „long Put“. Der „short Future“ vermag den ihm zugrunde liegenden Index perfekt abzusichern. Die resultierende abgesicherte Position (Hedge) lässt weder Verluste noch Gewinne zu (dies wird auch Immunisierung genannt). Das Hedgen mit einem „long Put“ ermöglicht nur die Beschränkung des Verlustes. Diese Absicherung mit einem fixen Verlust – ähnlich einer Versicherungsprämie – wird deshalb auch als „Insurance“ bezeichnet. Diese Absicherungsform lässt reduzierte Gewinnchancen zu.

Die **Qualität des Hedgens mit inversen ETFs** hängt stark von folgenden Parametern ab: dem Hebel λ (auch Leveragefaktor genannt), die Haltedauer T der Absicherung und die Standardabweichung σ der Index Rendite. Ferner haben natürlich die erwartete stetige Index Rendite μ sowie

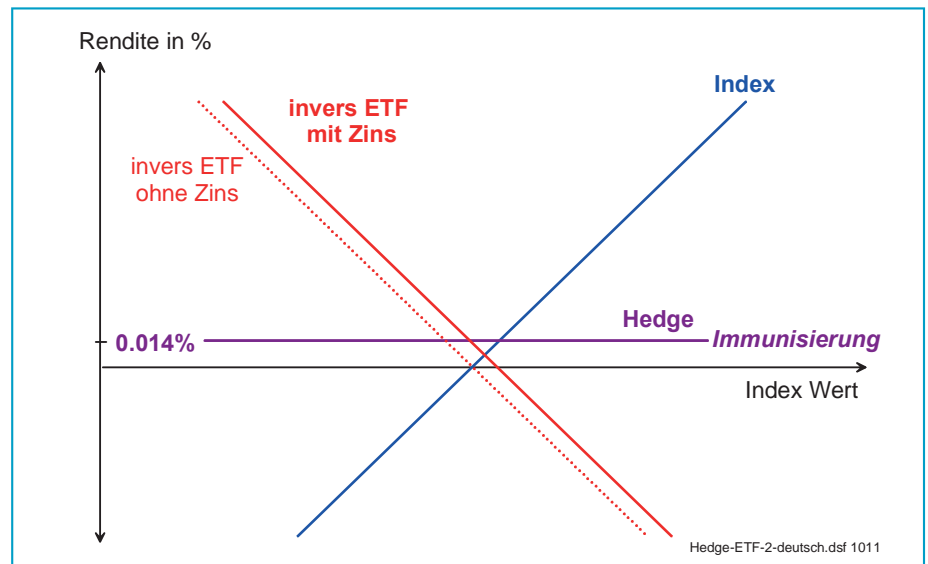


ABB. 1: Der Hedge bei $T=1$ entspricht einer Immunisierung

das Zinsniveau i des EONIA⁴ ihre Auswirkung auf das Hedge Resultat. Während der Hebel und die Haltedauer vom Investor bestimmbar sind, werden die übrigen Parameter vom Markt determiniert.

Die Abbildung 1 zeigt für eine **Haltedauer von $T=1$** die Immunisierung des Index. Der Gewinn beziehungsweise Verlust, den der Index unabgesichert erzielen würde, stellt die blaue Linie dar. Der Verlauf der Gewinnfunktion des inversen ETF (ohne Zins) ist durch die rote gepunktete Linie abgebildet. Da sich die Gewinne und Verluste der beiden Instrumente in einem Hedge kompensieren, verbleibt als gleichbleibender Hedge-Ertrag die als konstant angenommene EONIA Zinszahlung (vgl. Zins Term in (2)). Diese Zinszahlung wäre bei einem EONIA von $i=2,5\%$ circa $0,014\%$.

Welcher relative Betrag eines zur Verfügung stehenden Budgets in den Index (beziehungsweise dem sehr ähnlichen Portfolio) investiert werden sollte und welcher in den inversen ETF, hängt vom Hebel λ ab. Diese Anteile seien x_I für den Index und x_E für den inversen ETF, die der sogenannten Budgetbedingung $x_I + x_E = 1$ genügen sollten. Für die Gewichtungen

$$x_I = \frac{\lambda}{\lambda + 1} \quad \text{und} \quad x_E = \frac{1}{\lambda + 1} \quad (1)$$

ergibt sich im Falle $T=1$ für jeden Hebel eine perfekte Absicherung beziehungsweise Immunisierung.⁵ Für den einfachen inversen ETF ($\lambda=1$) ist $x_I = 0,5$ und $x_E = 0,5$ und für den zweifach gehebelten ETF ($\lambda=2$) wäre $x_I = 2/3$ und $x_E = 1/3$. Auf einigen Finanzmärkten werden gehebelte inverse ETFs

bis zu einem Hebel von $\lambda=4$ angeboten. Bei diesem Hebel wären die Gewichtungen $x_I = 0,8$ und $x_E = 0,2$.

Bei einer längeren **Haltedauer ($T > 1$)** verändert sich der Wert eines inversen ETF entgegengesetzt zur Wertentwicklung des zugrunde liegenden Index. Damit wird der absolute Verlust des Index nicht mehr durch exakt denselben absoluten Gewinn des inversen ETF kompensiert. Die horizontale Linie, die den Hedge in Abbildung 1 noch als Immunisierung charakterisierte, wird deshalb nichtlinear und abhängig von der Wertentwicklung des inversen ETF und des Index verlaufen.

Bezeichnet man den Indexwert am Tag t mit I_t beziehungsweise den des Vortages mit I_{t-1} , so entwickelt sich der **Wert des inversen ETF** E_t aus dem des Vortages E_{t-1} für $t=1, \dots, T$ wie folgt:

$$E_t = E_{t-1} \cdot \left((\lambda + 1) - \lambda \cdot \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) + (\lambda + 1) \cdot E_{t-1} \cdot \left(\frac{i}{360} \right) \quad (2)$$

Leverage Term Zins Term

Als Beispiel zur Erläuterung der Entwicklung des Werts E_t wird wie im obigen Beispiel ein einfach invers gehebelter ETF ($\lambda=1$) und ein EONIA von $i=2,5\%$ angenommen. Wie oben wächst der Index am Tag t um 3% ; das heißt, falls $I_{t-1} = 100$ angenommen wird, ist $I_t = 103$. Betrachtet man vorerst nur den **Leverage Term** in (2) und nimmt für E_{t-1} ebenfalls einen Ausgangswert von 100 an, so erhält man $100 \cdot (2 - (103/100)) = 97$. Dies bedeutet, dass der Wert des Leverage Term von 100 auf 97 fiel beziehungsweise 3% an Wert verlor. Zum Verständnis des **Zins Terms** in (2) ist es hilfreich, die Konstruktion eines inversen ETF

zu betrachten. Kauft ein Investor zum Preis von $E_{t-1}=100$ einen einfach gehebelten inversen ETF, so erhält die Bank zweimal diesen Betrag: einmal vom Investor und ein weiteres Mal vom Finanzmarkt, da in diesem Umfang der Index (beziehungsweise dessen Aktien) leer verkauft werden⁶. Deshalb wird im Zins Term der Betrag von E_{t-1} beim einfach gehebelten ETF mit 2 multipliziert. Wie oben bereits erwähnt, würde bei einem EONIA von $i=2,5\%$ p.a. der Zins Term $2 \cdot 0,007\% = 0,014\%$ ergeben. Insgesamt fällt also der inverse ETF im Beispiel von $E_{t-1}=100$ auf $E_t=97,014$. Beim zweifach gehebelten inversen ETF ($\lambda=2$) wäre der $E_t=94,021$. Wäre der Kurs des Index um 3% gefallen, so hätte sich der inverse ETF für $\lambda=1$ auf $E_{t-1}=103,014$ beziehungsweise für $\lambda=2$ auf $E_{t-1}=106,021$ gesteigert.

3 MONTE CARLO SIMULATION

Um das Verhalten des Hedge zu analysieren, wird das diskrete Verfahren der Monte Carlo Simulation angewendet. Dabei wird die Preisentwicklung des Index als „random walk“⁷ generiert. Zur Bestimmung der Tagesrendite r_t ($t=1, \dots, T$) des Index wird eine Zufallsvariable $Y \sim N(0,1)$ mit der Realisierung y_t verwendet:

$$r_t = \mu/360 + (\sigma\sqrt{360}) \cdot y_t \quad (3)$$

Mittels dieser Rendite r_t lässt sich die Preisentwicklung des Index

$$I_t = I_{t-1} e^{r_t} \quad (4)$$

am Tag t simulieren. Der Wert des jeweiligen inversen ETF E_t ist durch Gleichung (2) determiniert. Während die Renditen eines inversen ETF und des zugrunde liegenden Index im Falle kurzer Haltedauern eine Kor-

relation $\rho_{E,I}$ nahe -1 besitzen, nimmt diese bei längeren Haltedauern stetig ab. Für eine Haltedauer von $T=100$ und dem Hebel von $\lambda=4$ ist $\rho_{E,I} \approx -0,85$.

Bei Absicherung eines Portfolios (anstelle des Index) ist die Korrelation $\rho_{I,P}$ zu beachten. Diese Korrelation drückt aus, ob der Index und das Portfolio vergleichbare Renditen erwirtschaften. Für ein mit dem Index identisches Portfolio ist $\rho_{I,P} = +1,00$. Die Analyse wird zudem Portfolios mit einer Korrelation von $\rho_{I,P} = +0,95$ und $\rho_{I,P} = +0,75$ einbeziehen. Für die Simulation dieser mehr und weniger indexnahen Portfoliowerte, die mit einem inversen ETF abgesichert werden, müssen mehrere Zufallszahlen generiert werden, um der jeweiligen Korrelation $\rho_{I,P}$ zu genügen.⁸

Um die Qualität der Simulation zu beurteilen, wurden die simulierten Werte mit theoretischen Resultaten als auch mit empirischen Daten verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Simulation die Preisentwicklungen relativ präzise und den Hedge realitätsnah generiert.⁹

Für die folgenden Simulationen wurde der EONIA i in der Formel (2) stets als konstant 2% angenommen. Als Gewichtungsfaktoren wurden die der Gleichung (1) verwendet. Diese führen bei einer Haltedauer von $T>1$ nicht zu einer Immunisierung. Die Werte in der folgenden Tabelle wurden mit 10 Mio. Wiederholungen des oben beschriebenen Simulationsprozesses gewonnen. Die grafischen Darstellungen enthalten aus darstellungstechnischen Gründen lediglich ein paar Tausend Iterationensergebnisse.

4 SCHIEFE UND RISIKOMASS

Die Beurteilung eines Hedge bezieht stets auch das verbliebene Risiko mit ein. Um dieses zu messen, muss ein geeignetes Risikomaß bestimmt werden. Im Hedge aus Tabelle 1, in dem die Situation einer Absicherung mit inversen ETFs für den Fall $T=1$ abgebildet ist, wäre jedes Risikomaß minimal, da die Hedge Rendite konstant ist. Für $T>1$ treten unterschiedliche Hedge Renditen in Abhängigkeit von der Index Rendite auf. Die Verteilung dieser Renditen kann durch Parameter wie Varianz oder Schiefe charakterisiert werden. Die Schiefe drückt aus, ob eine Renditeverteilung perfekt symmetrisch ist (Schiefe=0) oder eben eine Neigung besitzt. In der Tabelle 1 werden Schiefen für eine Haltedauer von $T=100$ gezeigt, die mittels Simulation ermittelt wurden. Als Varianz der Index Rendite wurde 30% angenommen. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die Renditen des Hedge überraschend hohe Schiefen aufweisen und diese mit zunehmendem Hebel λ ansteigen. In Extremfällen ($\mu = -30$ und $\lambda=4$) ergaben sich Schiefen von knapp 5. Bei derartig hohen Schiefen ist das übliche Risikomaß der Standardabweichung der Renditen, auch Volatilität genannt, nicht zur Risikomessung geeignet. An Abbildungen 3 und 4 ist diese Schiefe der Renditeverteilung des Hedge visuell erkennbar. Einer Häufung von niedrigen Renditewerten stehen wenige sehr hohe Renditewerte gegenüber. Eine Varianz Minimierung würde primär hohe Renditen vermeiden und die Verlustrenditen weitgehend unverändert belassen.

Ein hier besser geeignetes Risikomaß ist die Wahrscheinlichkeit, unterhalb einer

Schiefe Hebel	$\mu = 5\%$			$\mu = -30\%$		
	Index	invers ETF	Hedge	Index	invers ETF	Hedge
$\lambda=1$	0.48	0.47	2.85	0.48	0.47	2.28
$\lambda=2$	0.48	0.99	2.84	0.48	0.99	3.24
$\lambda=3$	0.48	1.60	3.09	0.48	1.60	3.97
$\lambda=4$	0.48	2.39	3.68	0.48	2.38	4.91

TABELLE 1: Schiefe des Index ($T=100$, $\sigma=30\%$, $i=2\%$), des inversen ETF und des Hedge

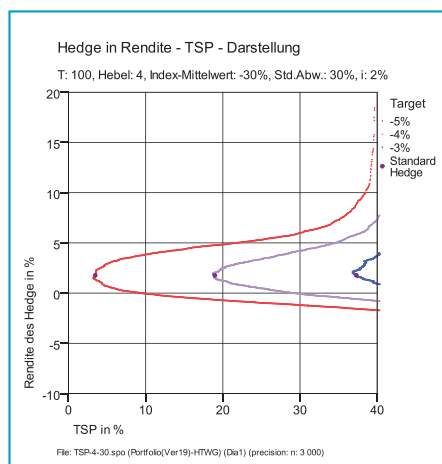


ABB. 2: Hedge Rendite und TSP zu unterschiedlichen Mischungen von Index ($T=100$, $\mu=-30\%$, $\sigma=30\%$) und inversem ETF ($\lambda=4$)

vorgegebenen Rendite (dem sogenannten Target) zu liegen. Diese wird Target Shortfall Probability (TSP) genannt. In Abbildung 2 werden zu einem Beispiel die Hedge Renditeerwartungswerte (in %) und diese Wahrscheinlichkeiten (TSP in %) für die Targets -3%, -4% und -5% dargestellt. Die Hedges mit den Gewichtungen aus Gleichung (1) sind als lila Punkte markiert und werden als Standard Hedge bezeichnet. Werden diese Gewichte variiert, so entsteht je Target eine Linie¹⁰. Im Beispiel der Abbildung 2 ist bei Anwendung der Standard Hedge Gewichte die Wahrscheinlichkeit etwa 3%, eine Hedge Rendite von unter -5% (niedrigster Target) zu erzielen. Der dazu abgebildete lila Punkt zeigt zu dieser TSP die durchschnittliche Hedge Rendite von circa +2%. Falls eine höhere durchschnittliche Rendite angestrebt wird, so steigt die TSP stark an. Bei einer durchschnittlichen Rendite von +5% wäre die TSP zum Target -5% bereits knapp über 20%.

Weitere Berechnungen zeigten, dass bei Anwendung der Standard Hedge Gewichte (lila Punkte) auch Abweichungen zur minimalen TSP vorkommen können. Diese traten wesentlich seltener auf als die Abweichungen des Standard Hedge zum minimalen Varianz Hedge. Deshalb sollte zur Charakterisierung eines Hedge mit inversem ETF als Riskomaß die TSP mit geeigneten Targets dem klassischen Risikokriterium Varianz beziehungsweise Volatilität vorgezogen werden.

5 AUSWIRKUNG VON HEBEL UND HALTEDAUER

Für $T=1$ stellt der Hedge eine einfache horizontale Linie¹¹ wie in Abbildung 1 dar.

Um die Veränderung eines Hedge für $T>1$ zu untersuchen, wurden die Haltedauern $T=50$, 100 und 300 exemplarisch ausgewählt und der Hedge im Streudiagramm der Abbildung 3 grafisch veranschaulicht. Als Hebel wurde $\lambda=1$ und für die durchschnittliche Index Rendite beziehungsweise Standard Abweichung $\mu=5\%$ beziehungsweise $\sigma=30\%$ angenommen. Die Abbildung zeigt nun einen konvexen Verlauf der Hedge Renditefunktion in Abhängigkeit von der Rendite des Index. Erwartungsgemäß nimmt die Volatilität der Renditen mit zunehmender Haltedauer T zu. Starke positive sowie negative Renditen des Index scheinen mit relativ hohen Renditen des Hedge einherzugehen. Sollte der Index innerhalb von $T=100$ Tagen z.B. um 50% steigen, so würde der Hedge eine Rendite von circa 8% besitzen. Lediglich bei Seitwärtsbewegungen des Index werden abhängig von der Volatilität und dem Hebel Verluste durch den Hedge erzeugt¹². Bei der hier angenommenen Volatilität von $\sigma=30\%$ und dem Hebel von $\lambda=1$ ist der Verlust selbst bei $T=300$ auf circa -3% beschränkt. Aufgrund des beschränkten Verlustes und der Gewinnchancen kann die Absicherung mit inversen ETFs auch als eine „Insurance“ Variante bezeichnet werden.

Die Auswirkungen der Veränderung des Hebels auf die Hedge Rendite zeigt die Abbildung 4. Hier wurde als Haltedauer $T=100$ angenommen bei sonst gleichen Parametern wie in Abbildung 3. Offensicht-

lich nimmt mit dem Hebel die Krümmung der Hedge Renditekurve zu. War die Hedge Rendite bei einem Anstieg des Index um 50% innerhalb von $T=100$ Tagen beim Hebel von $\lambda=1$ circa 8% (vgl. oben), so ist diese bei $\lambda=4$ etwa 25%. Bei Verlusten des Index von 30% besitzt der Hedge beim Hebel $\lambda=1$ noch einen Wertzuwachs von circa 6% und bei $\lambda=4$ circa 25%. In Situationen, in denen der Index kaum oder schwach fällt, entwickelt sich der Wert des Hedge negativ, abhängig vom jeweiligen Hebel. Während bei einem Hebel von $\lambda=1$ dieser Verlust noch unter 2% liegt, verliert der Hedge bei $\lambda=4$ bis zu 7%.

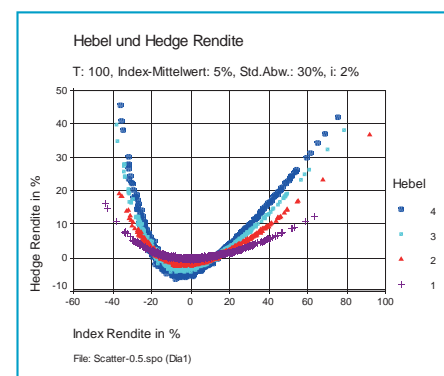


ABB. 4: Rendite eines Index ($\mu=5\%$, $\sigma=30\%$) und des Hedge bei unterschiedlichen Hebeln

6 ABSICHERUNG VON PORTFOLIOS, DIE SICH VOM INDEX UNTERSCHIEDEN

In Abbildung 5 beziehungsweise 6 werden gehebelte inverse ETFs mit den Hebel $\lambda=1$ beziehungsweise $\lambda=4$ zur Absicherung von Portfolios eingesetzt. Gleicht das abzusichernde Portfolio exakt dem Index der dem ETF zugrunde liegt, so ist die Korrelation der Renditen von Index und Portfolio $\rho_{I,P}=+1$. Falls die Renditen des Index nicht dem des Portfolios gleichen, ist diese Korrelation kleiner +1. In Abbildung 5 beziehungsweise Abbildung 6 werden jeweils Portfolios mit einer Korrelation von $\rho_{I,P}=+0.95$ und $+0.75$ zugrundegelegt. Ansonsten wurden Parameterwerte wie oben angenommen. Bei einer hohen Korrelation von $\rho_{I,P}=0.95$ hat der Hedge in der über-

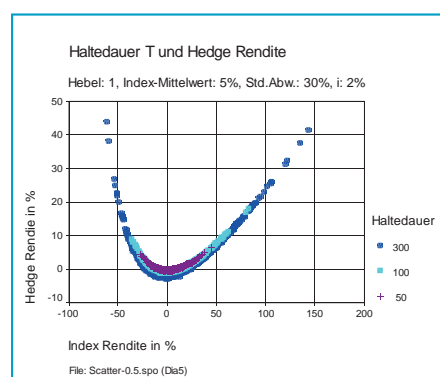


ABB. 3: Rendite des Index ($\mu=5\%$, $\sigma=30\%$) und des Hedge ($\lambda=1$) bei unterschiedlichen Haltedauern T

Korrelation und Hedge Rendite (Hebel: 1)

T: 100, Hebel: 1, Portfolio-Mittelwert: 5%, Std.Abw.: 30%, i: 2%

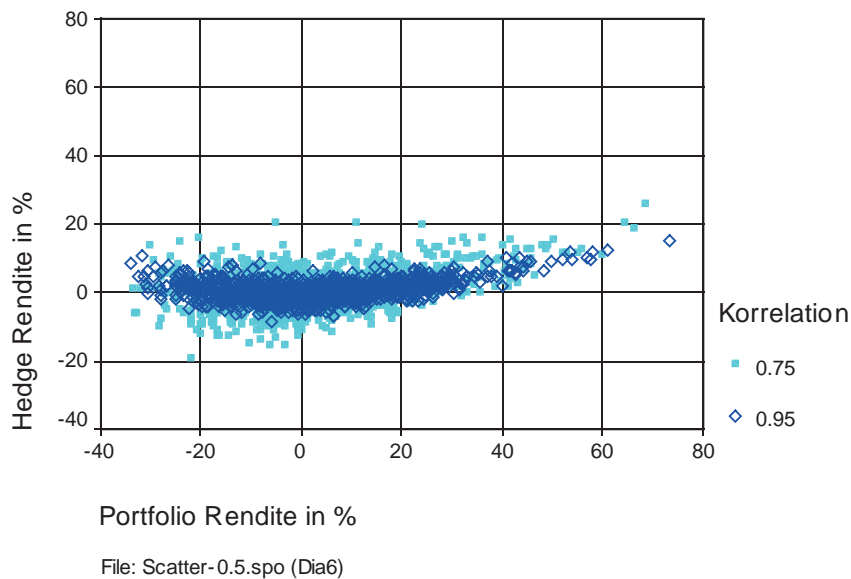


ABB. 5: Rendite eines Portfolios ($\mu_P=5\%$, $\sigma_P=30\%$) und des Hedge (Index: $T=100$, $\mu=5\%$, $\sigma=30\%$, $\lambda=1$) bei unterschiedlichen Korrelationen

Korrelation und Hedge Rendite (Hebel: 4)

T: 100, Hebel: 4, Portfolio-Mittelwert: 5%, Std.Abw.: 30%, i: 2%

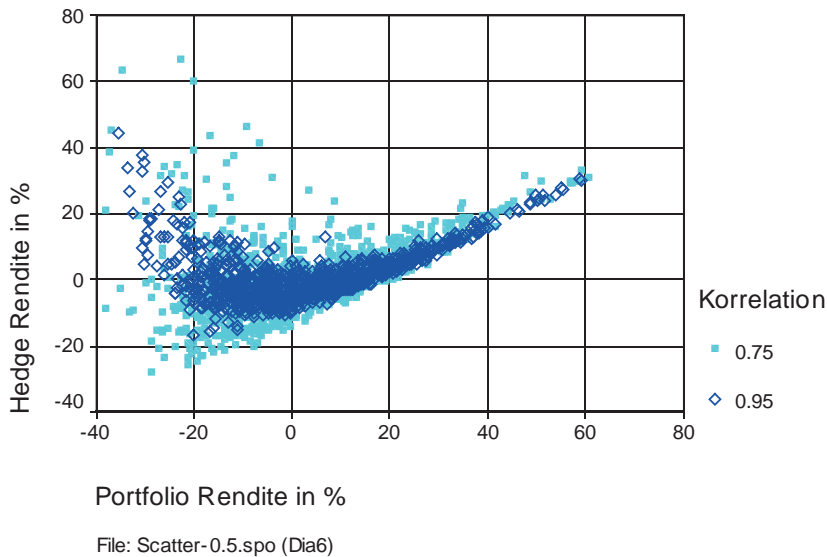


ABB. 6: Rendite eines Portfolios ($\mu_P=5\%$, $\sigma_P=30\%$) und des Hedge (Index: $T=100$, $\mu=5\%$, $\sigma=30\%$, $\lambda=4$) bei unterschiedlichen Korrelationen

wiegenden Anzahl der Fälle eine absichernde Funktion, auch wenn bei einem Hebel von $\lambda=4$ Hedge Renditen von -15 % bis -18 % vereinzelt auftraten (vgl. Abbildung 6).

Betrachtet man die Hedge Resultate bei der geringeren Renditekorrelation von

$\rho_{I,P} = 0.75$, so verliert der Hedge aus dem Portfolio und dem inversen ETF mit zunehmendem Hebel seine absichernde Funktion. Beim Hebel von $\lambda=4$ streut die Rendite des Hedge auf der Verlustseite so intensiv, dass die extremen Verluste des Portfolios durch das Absichern sogar vereinzelt ver-

größert werden. Der Grund dafür liegt in der geringen Korrelation und dem hohen Hebel. Fällt beispielsweise der Wert des zu sichernden Portfolios, so kann bei geringer Korrelation häufig der Fall auftreten, dass der Index im selben Zeitraum steigt. Ein zum Index inverser ETF mit dem Hebel von $\lambda=4$ wird dann den Verlust des Portfolios noch weiter erhöhen. Das Beispiel zeigt, dass inverse ETFs mit hohem Hebel nicht zur Absicherung von Portfolios geeignet sind, die keine hohe Korrelation mit der Rendite des Index besitzen.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Die vom Vertrauen abhängige Liquidität der Finanzmärkte ist die Achillesferse nicht nur des ETF Marktes. Sollte sich der ETF-Markt bei zukünftigen Börsen Crashes als robust behaupten, so können sich inverse ETFs als interessante Absicherungsinstrumente etablieren. Für eine Haltedauer von bis zu 3 Monaten scheint der inverse ETF mit einem Hebel von $\lambda=1$ gut geeignet, um Verlustrisiken gering zu halten. Die Mischung von Index und inversem ETF ist in diesem Fall $x_I=0.5$ und $x_E=0.5$; das heißt, in das Absicherungsinstrument muss derselbe Betrag investiert werden wie in den Index beziehungsweise in das indexnahe Portfolio. Im Fall eines anhaltenden Abwärts- oder Aufwärtstrends kann diese Absicherung sogar bis zu circa 5 % Rendite bieten.

Auch auf individueller Ebene scheint Liquidität Voraussetzung zu sein, um inverse ETFs als Absicherungsinstrument einsetzen zu können. Mit zunehmendem Hebel nimmt der Absicherungsanteil und damit der Liquiditätsbedarf ab. Bei einem Hebel von $\lambda=4$ betrifft das Absicherungsinstrument mit $x_E=0.2$ nur noch 20 % des Budgets. Dafür sollte in diesem Fall die Haltedauer der Absicherung deutlich kürzer ausfallen, um die höheren Verlustrisiken (bei Seitwärtsbewegungen des Index) zu reduzieren. Zudem eignen sich hohe Hebel weniger zur Absicherung von Portfolios,

deren Rendite nicht hoch mit der des Index korreliert, der dem gehebelten inversen ETF zugrunde liegt. Ein höherer Hebel bewirkt bei anhaltenden Abwärts- oder Aufwärtstrends höhere positive Renditen des Hedge.

Neben der hier untersuchten statischen Absicherung bei der die Hedge-Gewichtungen x_i und x_E während der Haltedauer konstant bleiben, gibt es auch dynamische Absicherungsstrategien, wie z.B. das sogenannte Rebalancing¹³. Ob mit dem Rebalancing Verlustrisiken bei der Absicherung reduziert werden können, insbesondere beim Hedge mit Portfolios, bleibt weiteren Analysen vorbehalten.

FUSSNOTEN

1: Vgl.: „Die Bank von England warnt vor Indexfonds“, FAZ, 29.6.2010, S. 17 oder „G20-Berater kritisieren Indexfonds“, SZ, 13.4.11, S. 31.

2: Bei Aktien Indizes wird zunehmend die Gewichtung nach der Marktkapitalisierung kritisiert, da die Käufer so konstruierter Aktien Indizes mitunter nur in der Vergangenheit erfolgreiche Aktien erwerben. Bei Anleihen Indizes orientiert sich die Gewichtung an den im Umlauf befindlichen Staatsanleihen. Dadurch entspricht eine Investition in Anleihen Indizes einer Investition in hoch verschuldete Staaten (vgl. Kirchner, Ch. (2011)). Da seit circa einem Jahr die Bonität von Staatsanleihen oft schlechter als von Industriefinanzen bewertet wird, ist dieses Kriterium durchaus beachtenswert.

3: Auch wenn ein Käufer eines ETFs die Wertentwicklung eines Index erwirbt, kann diese auch durch andere Finanztitel, die nicht im Index enthalten sind, nachgebildet worden sein. Diese Nachbildung gelingt häufig nicht exakt, sondern geht mit Rendite-Abweichungen einher. Die Streuung dieser Abweichung wird als „tracking-error“ bezeichnet.

4: Der „European Overnight Interest Ave-

rage“ (EONIA) wird seit 1.1.1999 von der Europäischen Zentralbank festgelegt und stellt den Durchschnitt der Geldleihzinsätze aller unabgesicherten „overnight“ Transaktionen zwischen Banken dar.

5: Beweis: siehe Schubert, L. (2011).

6: Erwartet der Besitzer einer Aktie einen fallenden Preis, so wird er – um einen Verlust zu vermeiden – seine Aktie veräußern um diese evtl. später auf niedrigerem Preisniveau wieder zu erwerben. Die Differenz (Verkaufspreis – Kaufpreis) stellt den Gewinn dieser Transaktionen dar. Dieser Gewinn muss, da dem Besitzer ohne Aktie auch keine Dividende bezahlt wird, um diese entgangene Dividendenzahlungen und die Transaktionskosten reduziert werden. Leerverkauf: Besitzt ein Investor diese Aktie nicht, so muss er die Aktie erst bei einer Kapitalsammelstelle (z.B. Versicherung) ausleihen, verkaufen und später wieder erwerben, um den geliehenen Titel zurückgeben zu können. Für das Ausleihen der Aktie erhält die Kapitalsammelstelle eine geringe Leihgebühr und die evtl. entgangene Dividendenzahlung vom Investor (der eigentlich als Desinvestor bezeichnet werden müsste). Falls der Kurs der Aktie stark fällt, wird der Investor durch diesen Leerverkauf Gewinne erzielen. Der Leerverkauf ist ein Instrument, das u.a. dazu beiträgt, dass der Aktienpreis sich schneller an den „aktuellen“ Wert eines Unternehmens anpasst. Da dieser „aktuelle“ Wert aber häufig schwer einzuschätzen ist und dadurch z.T. starke und gelegentlich bewusst provozierte Überreaktionen auf den Finanzmärkten bewirkte, wurden Leerverkäufe für eine bestimmte Auswahl von Aktien auf einigen europäischen Finanzmärkten verboten, um die betroffenen Unternehmen zu schützen. Leerverkäufe auf Indizes sind von diesem Verbot nicht direkt betroffen.

7: Vgl. Deutsch H. P. (2004), S. 26–34.

8: Vgl. Schubert, L. (2011).

9: Vgl. Michalik, Th., Schubert, L. (2009), Schubert L. (2011).

10: Ein Sortier-Algorithmus zur Berechnung der TSP Linien wird in Michalik, T., Schu-

bert, L. (2009) vorgestellt. Ein gemischt-ganzzahliger linearer Ansatz zur Bestimmung von Portfolios mit minimaler TSP zeigt Schubert, L. (2002).

11: Die Linie entsteht nur, sofern sich der EONIA i nicht über den Zeitablauf verändert. Ansonsten zeigt der Hedge den Verlauf des EONIA.

12: Vgl. Michalik, T., Schubert, L. (2009).

13: Mit der Wertentwicklung des Index und des inversen ETFs verschieben sich die Gewichtungen im Hedge. Steigt der Index im Wert, so wird im Falle des Hebels $\lambda=1$ $x_i > 0.5$ und $x_E < 0.5$ werden. Beim Rebalancing werden diese Gewichte x_i und x_E durch Teilverkauf des Index und Zukauf des inversen ETF wieder auf die Ausgangsgewichtung $x_i = 0.5$ und $x_E = 0.5$ zurückgesetzt. Vgl. z.B. Hill, J., Teller, S. (2010).

LITERATUR

[1] Deutsch, H. P. (2004): Derivate und Interne Modelle – Modernes Risikomanagement, Stuttgart.

[2] Hill, J., Teller, S. (2010): Hedging With Inverse ETFs, Journal of Indexes, November/Dezember 2010, S. 18–24.

[3] Kirchner, Ch. (2011): Die Tücken des Index-Wahns, FTD-online, 1. März 2011.

[4] Michalik, T., Schubert, L. (2009): Hedging with Short ETFs, Economics Analysis Working Papers, Vol. 8 No. 9, ISSN 15791475.

[5] Schubert, L. (2002): Portfolio Optimization with Target-Shortfall-Probability-Vector, Economics Analysis Working Papers, Vol. 1 No 3, 2002, ISSN 15791475.

[6] Schubert, L. (2011): Hedge ratios for short and leveraged ETFs, Atlantic Review of Economics, Vol. 1, 2011, ISSN 2174-3835, S. 1–33.

DAS FORSCHUNGSPROJEKT OPTIMA – OPTIMIERUNG VON TOTAL COST OF OWNERSHIP DIENSTLEISTUNGEN IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Stefan Schweiger, Kathrin Dressel, Birgit Pfeiffer



**Prof. Dr.-Ing.
Stefan Schweiger**

Prof. Dr.-Ing. Stefan Schweiger ist seit 2003 Professor

für industrielle Projektplanung und Prozessmanagement in der Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Hochschule Konstanz (HTWG) und seit 2010 Studiendekan der Lehrstuhl Betriebswirtschaftslehre. Er studierte Maschinenbau an der TU Darmstadt und promovierte zum Thema Dienstleistungs-Qualitätsmanagement an der Universität Bremen.



Kathrin Dressel

Kathrin Dressel studierte an der Hochschule Konstanz (HTWG) Betriebswirtschaft

mit dem Schwerpunkt Logistik und Management. Nach einer beruflichen Station bei Aldi Süd als Regionalverkaufsleiterin ist sie seit September 2009 als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsprojekt OptiMA (Optimierung von Total Cost of Ownership Dienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau) an der Hochschule Konstanz tätig. Seit 2010 ist Frau Dressel Doktorandin der Universität in Bremen. In ihrer Forschung beschäftigt sie sich mit dem Themenkomplex Wissens- und Kompetenzmanagement im Kontext von Serviceinnovationen.



Birgit Pfeiffer

Birgit Pfeiffer studierte an der HTWG Konstanz Betriebswirtschaft mit

dem Schwerpunkt Logistik und Management. Seit März 2008 ist sie bei der Tognum AG im Bereich Corporate Controlling After Sales tätig. Zusätzlich ist sie seit September 2009 als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsprojekt OptiMA (Optimierung von Total Cost of Ownership Dienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau) an der Hochschule in Konstanz beschäftigt.

1 EINLEITUNG

Die Investitionsgüterindustrie ist in den letzten Jahren durch die Situation eines wachsenden Wettbewerbsdrucks gekennzeichnet. Besonders Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU)¹ stehen bei austauschbaren Produkten in einem aggressiven Preiswettbewerb.² Ein Ausweg, um sich von den zahlreichen Wettbewerbern abgrenzen zu können, wird in zunehmendem Maße das Angebot von produktbegleitenden Dienstleistungen sein, denn sie haben eine weiter steigende Bedeutung für die nachhaltige Entwicklung und Differenzierung von Unternehmen.³ Grundsätzlich ist von einer Neuausrichtung und stärkeren Fokussierung der Wirtschaft auf die Wertschöpfungspotenziale von Dienstleistungen auszugehen. So hat „gemessen an den Zuständen von 1995 ... eine Neuorientierung von Wirtschaft und Gesellschaft hinsichtlich der Dienstleistungswirtschaft stattgefunden“.

Für Hersteller von Maschinen und Anlagen in Baden-Württemberg wird es immer schwieriger, sich über ihre Kernprodukte vom Wettbewerb zu differenzieren bzw. ihre eigene Wettbewerbsposition langfristig zu sichern. Dabei bietet sich ihnen die Möglichkeit, über das Angebot von produktbegleitenden Dienstleistungen neue lukrative Geschäftsfelder zu erschließen.⁵ Durch eine gezielte Verschmelzung von Sachgütern und produktbegleitenden Dienstleistungen zu einer Einheit soll für den Kunden die räumliche Nähe des Herstellers essentiell werden.⁶ Dennoch werden produktbegleitende Dienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau – einer technologieintensiven Schlüsselbranche in Baden-Württemberg – oft nur unzureichend angeboten.⁷

Aus Kundensicht gewinnen produktbegleitende Dienstleistungen immer mehr an Bedeutung, da es möglich ist, durch den Einkauf bedarfsgerechter Dienstleistungen die Zuverlässigkeit der Investitionsgüter

bei möglichst geringen Lebenszykluskosten zu maximieren. In diesem Zusammenhang sind Total Cost of Ownership (TCO)-Konzepte von zunehmender Bedeutung.⁸

Erste Ansätze zur Gesamtkostenbetrachtung in Zusammenhang mit der Lieferantenauswahl wurden bereits 1928 erwähnt.⁹ Es entstanden erste Konzepte¹⁰ und einige Einsätze zur Berechnung der Lebenszykluskosten wurden bekannt.¹¹ Dieser Ansatz der Lebenszykluskostenberechnung wurde in den 1960er und 1970er Jahren bei Projekten im Bereich der Luft- und Raumfahrt sowie beim Erwerb von Waffensystemen fortgesetzt und erweitert.¹² Eine Gesamtkostenbetrachtung unter dem Begriff „Total Cost of Ownership“ wurde Ende der 1980er Jahre von der Gartner Group propagiert.¹³ Nach der Feststellung, dass bei IT-Investitionen auf Kostenseite nur der finanzielle Anschaffungsaufwand erfasst wird, die laufenden Kosten jedoch intransparent sind und meistens unberücksichtigt bleiben, entwickelte die Gartner Group ein Modell zur Erfassung und Analyse der TCO.¹⁴ Total Cost of Ownership umfassen nach Heilala “all costs, direct and indirect, incurred throughout the life cycle of an asset, including acquisition and procurement, operations and maintenance, and end-of-life management”.¹⁵ Lay und Radermacher formulieren den Begriff der Gesamtkosten ähnlich. Laut Lay et al. basiert die Berechnung auf der Erkenntnis, dass ein Investitionsgut nicht nur bei der Anschaffung, sondern über seinen gesamten Lebenszyklus bis hin zur Desinvestition Kosten verursacht. Nach dieser Betrachtungsweise sind das zentrale Erfolgskriterium der Lebenszyklusrechnung die relevante Periode und der Projekterfolg über den gesamten Lebenszyklus.¹⁶

Bei der Übertragung des TCO-Ansatzes in die Beschaffungsentscheidung der Maschinen- und Anlagenbauerbranche spielte die damalige DaimlerChrysler AG eine Vorreiterrolle.¹⁷ Dort werden bereits seit einigen Jahren Investitionen ab einem

Wert von 200 T€ nur noch auf Basis von TCO-Verträgen getätigt.¹⁸ Getrieben wurde die Beachtung von Lebenszykluskosten im Maschinen- und Anlagenbau auch durch die fortschreitende Integration von Lebenszykluskostendaten in die Beschaffungsentscheidung der Automobilindustrie.¹⁹ Würde sich ein Unternehmen für den Kauf einer Maschine aufgrund des Anschaffungspreises entscheiden, so wäre der eindeutige Favorit in Abbildung 1 der Hersteller der Maschine 2. Dieser würde den Zuschlag erhalten, obwohl er unter Beachtung der gesamten Lebenszykluskosten der weitaus teuerste Hersteller ist. Fließen hingegen Aspekte wie geplante und ungeplante Stillstandzeiten, Instandhaltungskosten, Verfügbarkeit der Maschine und Ersatzteilkosten in die Kostenbetrachtung des Käufers mit ein, so fällt die Entscheidung unweigerlich auf Maschine 3.

Über den gesamten Lebenszyklus hinweg betrachtet, machen die Kosten der Anfangsinvestition in vielen Fällen nur einen Bruchteil der Gesamtkosten aus. Die weiteren Kosten erwachsen dem Anwender aus dem Betrieb der Maschine. Das Investitionsvolumen wird in einer Mehrjahresbetrachtung von den Nutzungskosten nach wenigen Jahren überholt.²⁰

Vor dem Hintergrund der dargestellten Ausgangslage und der steigenden Nachfra-

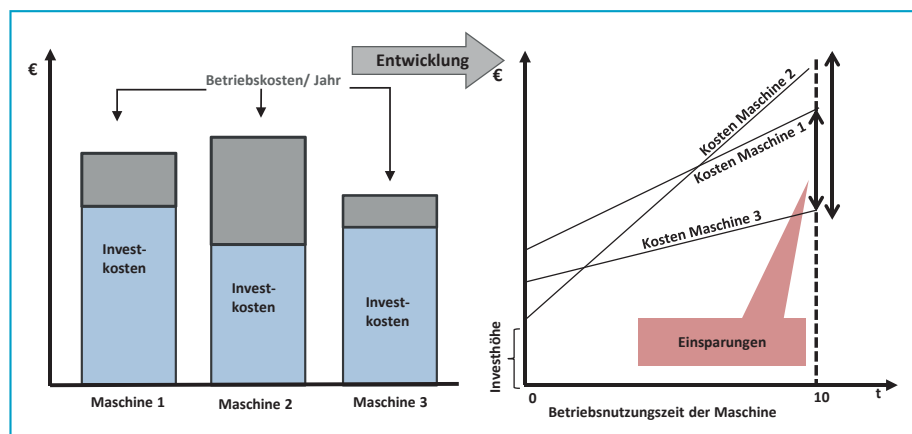


ABB. 1: Invest- und Betriebskosten

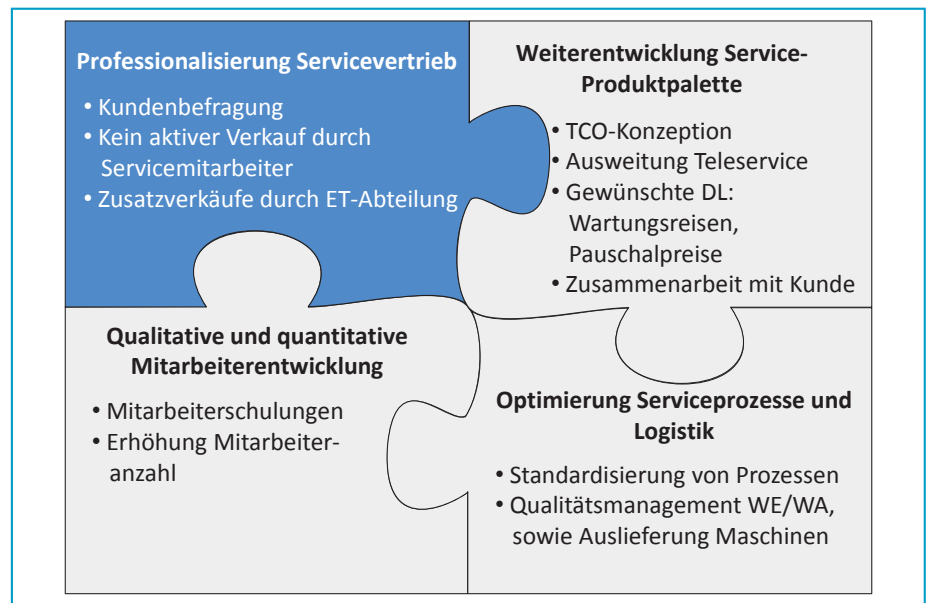


ABB. 2: Aktivitäten und Ergebnisse Unternehmen Dreher

ge nach TCO-Konzepten wurde das von der Baden-Württemberg Stiftung finanzierte Transferprojekt OpTiMA durchgeführt.

2 PROJEKTBSCHREIBUNG OPTIMA

Ziel war es, aus der aktuellen Dienstleistungsforschung produktlebenszyklusorientierte Serviceleistungen im Sinne des Total Cost of Ownership (TCO) bzw. Life Cycle Cost (LCC)-Ansatzes zu entwickeln und in zwei, durch ihre Größe definierten, mittleren Pilotbetrieben des Maschinen-

und Anlagenbaus zu verankern. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse sollen nun mithilfe einer Transfersystematik möglichst vielen Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus in Baden-Württemberg zugänglich gemacht werden. In erster Linie sollen aus dem Projekt ein unmittelbarer Nutzen für die beteiligten Pilotunternehmen durch die kundenorientierte Erweiterung ihres Dienstleistungsangebotes, eine zu erwartende Steigerung des Dienstleistungsumsatzanteils, die nachhaltige Absicherung der Wettbewerbssituation sowie die Erfüllung der zunehmend von Kunden erhobenen Forderung nach LCC/TCO-Angeboten entstehen. Für andere kleine und Mittlere Unternehmen der betrachteten Branche in Baden-Württemberg soll der Nutzen darin liegen, dass sie nun die Möglichkeit haben, die Projektergebnisse auf Basis eines generischen Umsetzungskonzeptes mit Handlungsleitfaden sowie Schulungs-/Workshop-Unterlagen zu übernehmen.

Als Projektbeteiligte agierten in den letzten beiden Jahren die HTWG Konstanz mit der Forschungsumgebung des Instituts für angewandte Forschung (IAF), die



ABB. 3: Aktivitäten und Ergebnisse Unternehmen Elma

IHK Hochrhein-Bodensee sowie die Pilotunternehmen ELMA GmbH & Co. KG und Automatic-Systeme Dreher GmbH.

Das Projekt war in drei Phasen gegliedert. In Phase 1 wurden auf Basis aktueller Forschungsergebnisse sowie Kunden- und Expertenbefragungen für beide Unternehmen Dienstleistungspotenziale ermittelt und ein Konzept zur Umsetzung erstellt. Phase 2 diente der Umsetzung der Konzeptergebnisse aus Phase 1. In Phase 3 wurde eine Systematik für den Transfer der Ergebnisse auf andere KMUs erarbeitet und umgesetzt. Um möglichst genaue und brauchbare Ergebnisse zu erhalten, erfolgte eine branchenbezogene sowie thematische Fokussierung: Zum einen auf KMU des Maschinen- und Anlagenbaus, zum anderen auf technologie- bzw. produktorientierte Dienstleistungen.

3 ANALYSE IN DEN PILOTUNTERNEHMEN UND ANSCHLIESSENDE ANPASSUNG DER STRUKTUREN UND PROZESSE

Für die beiden Unternehmen wurde eine Maßnahmendetailplanung erarbeitet, die schriftlich in einer Excel-basierten Projektplanungsdatei festgehalten wurde. Im Laufe der Projektarbeit hat sich herausgestellt, dass zur Verfolgung der eigentlichen Projektziele viele kleine Schritte notwendig sind und vor allem Bereiche betreffen, die zu Beginn nicht in diesem Umfang berücksichtigt wurden. Das Ergebnis ist eine auf die individuellen Wünsche der beiden Pilotunternehmen angepasste Vorgehensweise. Die einzelnen Bausteine der gesamten Projektarbeit sind sich in den Abbildungen 2 und 3 zu erkennen.

4 TRANSFER

Unternehmen setzen zur Service-Optimierung zunehmen auf Vernetzung, binden Mitarbeiter, Partner, Kunden und wissenschaftliche Einrichtungen ein, um im Wettbewerb nicht auf der Strecke zu bleiben. Gemeinsame Schnittpunkte und Verbindungen werden genutzt, um miteinander Service-Lösungen zu entwickeln.

Dazu sollte auch das Projekt OptiMa beitragen, indem es aktiven Dienstleis-

tungs-Wissenstransfer in Baden-Württemberg betreibt. Im Rahmen des Projekts wurde von den Projektverantwortlichen die in Abbildung 4 dargestellte Transfersystematik verfolgt.

Die pyramidale Form der Transfersystematik beschreibt die Anzahl der Unternehmen und die Intensität der Bearbeitung. Ganz oben an der Spitze des Transfers stehen die beiden Pilotunternehmen. In diesen beiden Betrieben wurde zwei Jahre intensiv geforscht, optimiert, strukturiert und Prozesse, aber auch Dienstleistungsprodukte individuell entworfen sowie angepasst. Auf der nächsten Stufe stehen dann einige Unternehmen mehr – der Erfahrungsaustausch bei sogenannten Service Erfa-Runden. Unternehmen lernen im moderierten Dialog von und mit anderen Unternehmen, wie der Service effizienter und erfolgreicher gestaltet werden

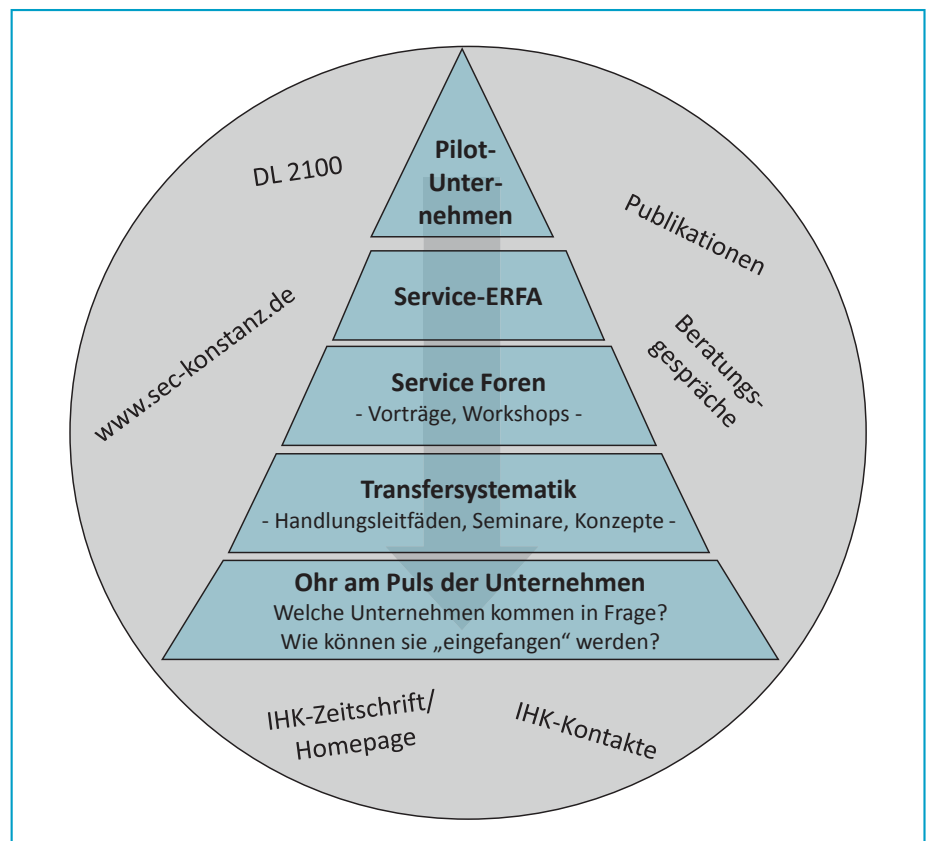


ABB. 4: Transfersystematik

Schwachstellen/Potenziale	Lösungsansätze
Datenqualität reicht oft nicht aus, um fundierte TCO-Berechnungen zu liefern.	TCO-Berechnungen werden nur für standardisierte Anlagen (z.B. Modulanlagen) oder nahezu standardisierte Bereiche einer Maschine angeboten.
Kunden nutzen die Anlagen in sehr unterschiedlichen Umgebungen.	Definition von Lastenprofilen (für Schichten, Verschmutzungsgrad, Anzahl Betriebsstunden, ...).
Verbindlichkeit der TCO-Berechnung kann zu hohen Pönalen führen. Es ist schwierig, im Störfall die Schuldfrage zu klären.	Berechnungen werden vorerst unverbindlich ausgestellt, bis detailliertere Erkenntnisse vorliegen. Zusicherungen werden nur gemacht, wenn es ausdrücklich gewünscht wird und über den Verkauf einer Maschine entscheidet. Außerdem werden bestimmte Komponenten von der TCO-Berechnung ausgeschlossen (in Anlehnung an die Daimler-Variante).
TCO-Berechnungen dienen nicht nur dem Kunden, sondern können auch intern zu bspw. konstruktiven Verbesserungen führen.	Es wurde ein Besuchsprotokoll entworfen bzw. auf bestehenden Montagebericht zurückgegriffen, in dem alle vom Kunden erhaltenen Informationen gesammelt werden und ggf. intern weitergeleitet werden. Fehler sollen zukünftig bereits in der Konstruktionsphase vermieden werden. Wichtig ist, dass bereits bestehende Maschinen auch immer wieder auf Verbesserungen überprüft und diese Änderung konstruktiv erfasst werden.

ABB. 5: Schwachstellen

kann. Eine kleine Runde von Unternehmen tauscht sich zu Service-spezifischen Themen aus. Die Intensität war recht groß, da es meist kleine Gruppen waren, in denen diskutiert wurde. Hinter den angebotenen Service-Foren verbergen sich Veranstaltungen zu diversen Themen rund um den Service. Zu dieser Art von Veranstaltung wurde eine größere Anzahl von Unternehmen eingeladen. Hier lag die durchschnittliche Teilnehmerzahl bei ca. 30 Unternehmen, was die Intensität der Bearbeitung einzelner Themen sowie der dazu aufkommenden Diskussionen reduzierte. Der Vorteil dieser Veranstaltungen lag darin, höhere Breitenwirkung zu erreichen, die durch die darauffolgende Stufe der „Transfersystematik“ noch intensiviert wurde. Die letzte Stufe beschreibt dann zu guter Letzt die Notwendigkeit, das Ohr am Puls der Zeit zu haben. Was bedeutet, dass geklärt werden muss, welche Unternehmen an Forschung allgemein bzw. an diesen Forschungsergebnissen im Speziellen interessiert sein könnten und wie diese von den Forschungsinstitutionen eingefangen werden können.

5 ERGEBNISSE

In den beiden Pilotunternehmen wurden TCO-Konzepte verankert, die unter anderem umfangreiche TCO-Kalkulationen und neue Dienstleistungsprodukte beinhalten. Die Erstellung von TCO-Konzepten/-Geschäftsmodellen ist jedoch ein sehr komplexer und langwieriger Prozess, womit es schwierig wird, die erzielten Erkenntnisse generalisierbar und damit für andere Unternehmen nutzbar zu machen. Auch die Roadmap zur Umsetzung einer TCO-Systematik in Unternehmen hängt von unterschiedlichen unternehmensspezifischen Zielsetzungen ab. Will ein Unternehmen TCO als Verkaufsargument nutzen, ergeben sich teilweise andere Anforderungen, als wenn ein Unternehmen durch konkrete Kundenforderungen dazu gezwungen wird, eine TCO-Geschäftsbeziehung einzugehen.

Generell ist bei der Einführung von TCO-Konzepten jedoch zu beachten, dass der Erfolg eines solchen bereichsübergreifenden Konzepts wesentlich von der Zustimmung und Unterstützung durch die Führungsmannschaft abhängt. Die vielen

Schnittstellen bedingen, dass ein interdisziplinäres Team (eine sogenannte TCO-Taskforce) gebildet werden sollte, um alle notwendigen Kompetenzen abzudecken. Dieses Team sollte aus Verantwortlichen des Service, des Vertriebs, der Entwicklung/Konstruktion, des Controllings und ggf. der Produktion/Montage bestehen.

Vor der flächendeckenden Einführung empfiehlt es sich, ein Pilotkonzept mit wenigen Schlüsselkunden zu erarbeiten. Vorzugsweise arbeitet man dabei mit Kunden, zu denen eine sehr gute und/oder sehr lange Geschäftsbeziehung besteht und die gewillt sind, dem Hersteller der Maschinen die entsprechenden Daten zu liefern. Mit diesen Kunden werden Maschinendaten ausgewertet, ggf. kundenseitige TCO-Forderungen konkretisiert und TCO-relevante Fragestellungen beantwortet.²¹

Dabei kann es hilfreich sein, mit anderen Unternehmen Erfahrungen auszutauschen, die TCO entweder bereits erfolgreich eingeführt haben oder mit ähnlichen Problemstellungen konfrontiert sind. In der eher heterogenen Landschaft der Maschinen- und Anlagenbaubranche ist es

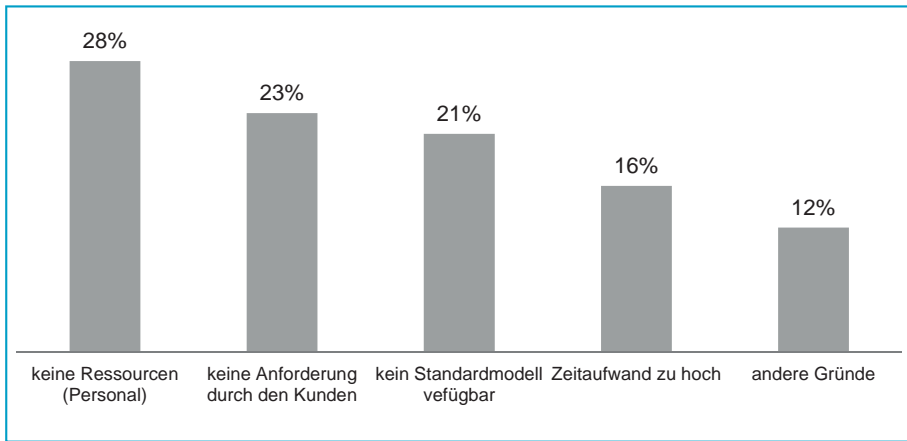


ABB. 6: Gründe gegen TCO

verhältnismäßig einfach, andere Unternehmen zu finden, die nicht im Wettbewerb zum eigenen Unternehmen stehen, was für einen regen Wissensaustausch notwendig ist.

Für die Implementierung gilt besonders: Mit wenigen Dienstleistungen beginnen und diese vorwärts treiben. Die Erfahrungen in den Pilotunternehmen und in Gesprächen mit anderen Unternehmen haben gezeigt, dass keinesfalls versucht werden sollte, zu viele Konzepte auf einmal zu realisieren. Es empfiehlt sich zwar, möglichst viele verschiedene TCO-Dienstleistungen zu erörtern und deren Aufwand, Barrieren sowie Kundennutzen abzuleiten. Bei der anschließenden Umsetzung sollte sich das Unternehmen allerdings auf die erfolgversprechendsten Produkte beschränken.

6 AUSBLICK

Der häufigste Grund, warum Unternehmen in Deutschland TCO nicht einführen, ist das Problem der knappen Ressourcen.²² Bereits Geißdörfer konnte dies in seiner Arbeit feststellen und diese Aussage kann durch die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse so unterstrichen werden.

Vor allem KMU müssen sich besonders intensiv um die Mitarbeiter kümmern, da das Personalmanagement bei der Implementierung einer Innovation (neuer Prozess, neues Produkt) eine kritische Rolle spielt. Fehlschläge können schnell zu existenziellen Problemen führen, wenn es KMU nicht gelingt, ihre Ressourcen erfolgsbringend einzusetzen. Oftmals scheitern kleine und mittlere Unternehmen nicht an der Erkenntnis des Problems, sondern an der Umsetzung von Innovationen

oder neuen Modellen in Folge von fehlendem qualifiziertem Personal.²³

Viele Unternehmen zögern mit der Umsetzung von TCO-Konzepten, weil sich immer wieder herausstellt, dass Investitionsentscheidungen trotz aller Erkenntnis über die Bedeutung von Folgekosten oft einkaufsgetrieben und damit anschaffungspreisfokussiert getroffen werden. Letztlich entscheidet also dennoch häufig der Preis, weil der Einkäufer akribisch darauf achtet, sein Budget einzuhalten und die Instandhaltung oft nur beratende Funktion hat. Als weiteres Hindernis kommt hinzu, dass das Bestreben von Anbieter und Nutzer dahin geht, sämtliche Eventualitäten vertraglich regeln zu wollen, was nahezu unmöglich ist. Oftmals sind Betriebsdaten nicht verfügbar, fahrlässiges Verhalten, im Sinne von Bedienfehlern, ist nur schwer nachweisbar und die Preisentwicklung für Löhne und Ersatzteile kann nur grob kalkuliert werden. Ein weiteres Hindernis ist die statistische Streuung von Instandhaltungs- und Ersatzteilbedarfen, welche insbesondere für Einzel- und Kleinserienfertiger zu kaum kalkulierbaren finanziellen Risiken führt. Diese zurückhaltende, fast schon negative Einstellung gegenüber TCO ist verwunderlich, wenn man bedenkt, dass die Anfangsinvestition für eine Maschine oder Anlage lediglich ein Drittel der Gesamtkosten ausmacht.

Möchte ein Käufer einer Maschine oder Anlage demnach tatsächlich Kosten sparen, ist die Berücksichtigung des TCO-Konzepts unumgänglich für ihn. Mithilfe einer ex ante Kalkulation der zukünftig entstehenden Kosten weiß der Nachfrager bereits heute, welche Kosten in den nächsten Jahren auf ihn zukommen. Läuft alles nach Plan, fallen Kosten für Wartung, Ersatztei-

le, Schulung etc. in dem vorab berechneten „Kosten-Korridor“ an, die in einer Pauschale von dem Besitzer der Maschine an den Anbieter entrichtet werden. Verursacht die Maschine aufgrund unvorhersehbarer Stillstände Kosten, die nachweislich nicht vom Kunden verursacht wurden, und bewegt sich somit aus dem vorgegebenen „Kosten-Korridor“, so muss der Anbieter der Maschine für die Mehrkosten aufkommen (Malus-Regelung).

Die zunehmende Anzahl an Forschungsprojekten und die Intensivität der Diskussionen zu den Themen Lebenszykluskosten, Life-Cycle Costing bzw. TCO lassen erahnen, dass diesem Thema die Zukunft gehört. Einkaufsgetriebene Sichtweisen sind zwar teilweise noch an der Tagesordnung, wir sind allerdings der Überzeugung, dass das TCO-Konzept ein sehr hohes Kosten- und Effizienzpotenzial beinhaltet und deshalb verstärkt nachgefragt und umgesetzt wird. Im Laufe des Projektes trat über die Pilotunternehmen hinaus ein verstärktes Interesse an TCO-Konzepten auf, was sich unter anderem in Anfragen von anderen Unternehmen widerspiegelt.

FUSSNOTEN

1: Definition von KMU laut Europäische Gemeinschaften: Die Bestimmung eines KMU erfolgt aufgrund von Mitarbeiterzahl, Jahresumsatz und Jahresbilanzsumme. Die Definition umfasst die Kategorie der Kleinstunternehmen (diese werden definiert als Unternehmen, die weniger als zehn Personen beschäftigen und deren Jahresumsatz bzw. Jahresbilanzsumme höchstens 2 Mio. EUR beträgt) und der kleinen Unternehmen und mittleren Unternehmen. Diese Unternehmen beschäftigen weniger als 250 Personen und erzielen entweder einen Jahresumsatz von höchstens 50 Mio. EUR oder die Jahresbilanzsumme beläuft sich auf höchstens 43 Mio. EUR.

2: Vgl. Backhaus et al. (2007).
 3: Laut Simon (1993) unterliegen Dienstleistungen in geringerem Maße als Sachgüter dem internationalen Kostendruck.
 4: Zühlke-Robinet; Schuckliess (2008).
 5: Vgl. Staiger; Niethammer (2008).
 6: Vgl. Lay (1998).
 7: Vgl. Schweiger (2008).
 8: Vgl. Schweiger (2008).
 9: Vgl. Ellram, Siferd (1993).
 10: Vgl. Cavinato (1991); Hahner (2000).
 11: Vgl. Shields, Young (1991); Brown (1979).
 12: Vgl. Department of Defense (1989).
 13: Vgl. Wild, Herges (2000).
 14: Vgl. Gartner Group (1987).
 15: Vgl. Heilala et al. (2006).
 16: Vgl. Lay; Radermacher (2005), S. 85–97.
 17: Vgl. Lay et al. (2009), S. 154–179.
 18: Vgl. Oesterlin (2004).
 19: Vgl. Schweiger (2008).
 20: Vgl. Oesterlin (2004).
 21: Vgl. Schweiger (2008).
 22: Vgl. Evers (1998); Bussiek (1996). Ressourcen sind in KMU in besonderem Maße beschränkt.
 23: Vgl. Jung Erceg (2005), S. 155–174; Nippa et al. (2007), S. 2.

LITERATUR

- [1] Backhaus, K.; Lütgemüller, F.; Weddeling, M. (2007); Messung von Kundenpräferenzen für produktbegleitende Dienstleistungen, ServPay Arbeitspapier, Nr. 1, 2007.
 [2] Brown, R. (1979); A New Marketing Tool: Life-Cycle Costing. *Industrial Marketing Management*, 8, S. 109–113 (1979).
 [3] Bussiek, J. (1996); Anwendungsorientierte Betriebswirtschaftslehre für Klein- und Mittelunternehmen, München, 1996.
 [4] Cavinato, J. L. (1991); A Total Cost/Value Model for Supply Chain Competitiveness. *Journal of Business Logistics*, 13 (2), S. 285–301 (1991).
 [5] Department of Defense (1989); Military Standard 337: Design-to-cost. Department of Defense (DoD), MIL-STD 337 Design-to-cost. United States of America. Washington 1989.
 [6] Ellram, L. M.; Siferd, S.P. (1993); Purchasing: The Cornerstone of the Total Cost of Ownership Concept. *Journal of Business Logistics*, 14 (1), S. 163–184.
 [7] Europäische Gemeinschaften (2006); Die neue KMU-Definition – Benutzerhandbuch und Mustererklärung, 2006. URL http://europa.eu.int/comm/enterprise/enterprise_policy/sme_definition/index_de.htm, abgerufen am 20.11.09.
 [8] Evers, M. (1998); Strategische Führung Mittelständischer Unternehmensnetzwerke, München 1998.
 [9] Gartner Group (2003); Measurement Distributed Computing Chart of Accounts. Chart of Account E-Rev. n, Revised 16 June 2003.
 [10] Hahner, C. A. (2000); Bewertung von Innovationsideen mit Hilfe von Lebenszyklusaufwand. Dissertation, Stuttgart, Geschichts-, Sozial- und Geisteswissenschaften am Betriebswirtschaftlichen Institut.
 [11] Heilala, J.; Helin, K.; Montonen, J. (2006) Total cost of ownership analysis for modular final assembly systems. *International Journal of Production Research* 44, Nos. 18–19, 15 September – 1 October 2006, 3967–3988.
 [12] Jung Erceg, P. (2005); Qualifikation für produktbegleitende Dienstleistungen, in: Lay, G.; Nippa, M. (Hrsg.): Management produktbegleitender Dienstleistungen, S. 154–174, 2005.
 [13] Lay, G. (1998); Dienstleistungen in der Investitionsgüterindustrie. Konsequenzen für Betriebsorganisation und Personal. *Arbeit*, Heft 4, Jg. 7 (1998), S. 316–337.
 [14] Lay, G.; Radermacher, E. (2005); Life-Cycle-Costing-Tool als Instrument zur Kosten-/Nutzen-Betrachtung produktbegleitender Dienstleistungen, in: Lay, G.; Nippa, M. (Hrsg.): Management produktbegleitender Dienstleistungen, 2005, S. 85–97.
 [15] Lay, G.; Schröter, M.; Armbruster, H. (2009); TCO als Ausgangspunkt für die Entwicklung dienstleistungsbasierter Geschäftsmodelle in der Investitionsgüterindustrie, in: Schweiger, S. (Hrsg.): Lebenszykluskosten optimieren, 2009, S. 154–179.
 [16] Nippa, M.; Wienhold, D.; Piezonka, S. (2007); Vom klassischen Produktgeschäft zum Lösungsgeschäft – Implikationen für eine Neugesaltung des Vergütungssystems im Vertrieb in: Prof. Dr. Micheal Nippa: Freiberg Working Papers, Nr. 2, 2007.
 [17] Oesterlin, T. (2004); DaimlerChrysler – Total-Cost-of-Ownership, in: Tagungsband zur VDI Nachrichten-Konferenz „Life-Cycle-Costing“, Augsburg, 2004.
 [18] Schweiger, S. (2008); Projektantrag zum Programm „Wissenstransfer Dienstleistungsforschung“ der Landesstiftung Baden-Württemberg. Optimierung von Total Cost of Ownership Dienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau – OpTiMA, Konstanz, 2008.
 [19] Shields, M.D.; Young, M.S. (1991); Managing product life cycle costs: An organizational model. *Journal of cost management for the manufacturing industry* 3, S. 39–51.
 [20] Simon, H. (1993); Industrielle Dienstleistungen und Wettbewerbsstrategie; in: Hermann Simon: Industrielle Dienstleistungen, Stuttgart, 1993.
 [21] Staiger, T.; Niethammer, R. (2008); Integrierte Dienstleistungsstrategie entlang der Wertschöpfungsarchitektur in: Gleich, R.; Seegy, U.; Friedrich, W.; Tilebein, M. (Hrsg.): Dienstleistungsmanagement in der Investitionsgüterindustrie. Services erfolgreich entwickeln, steuern und vertreiben. VDMA-Verlag, 2008, S. 57–75.
 [22] Wild, M.; Herges, S. (2000); Total-Cost-of-Ownership (TCO) – Ein Überblick, in: Arbeitspapiere des Lehrstuhls für Allgemeine BWL und Wirtschaftsinformatik der Uni Mainz, Nr. 1/2000.
 [23] Zühlke-Robinet, K.; Schuckliess, B.; Ernst, G. (2008), Services Made in Germany, Abschlusstagung des EUREKA-Vorhabens am 31.07.2008 in Stuttgart.

ZUR GESCHICHTE DER GESTALTUNG VON BRÜCKENBAUTEN

Cengiz Dicleli



Prof. Cengiz Dicleli

geboren 1943 in Istanbul,
Studium des Bauingenieur-
wesens an der TU Berlin,

von 1970 bis 1975 Mitarbeiter im Ingenieurbüro
für Bauwesen Prof. Polónyi in Berlin, von 1975
bis 1986 wiss. Mitarbeiter an der Universität
Dortmund in den Lehrstühlen Tragkon-
struktion und Stahlbau, seit 1986 Professor
für Tragkonstruktionen an der FH Konstanz
im Fachbereich Architektur und Gestaltung,
zahlreiche Veröffentlichungen und Vorträge
zur Bautechnikgeschichte sowie zur Geschichte
der Architektur in der Türkei. Seit 2007 Mitglied
des Instituts für Angewandte Forschung an der
HTWG Konstanz, seit 2009 pensioniert und
„Externer Leser“ der Hochschulbibliothek der
HTWG Konstanz

Dieser Aufsatz ist eine überarbeitete und erweiterte Fassung des Vortrags, der vom Verfasser am 22. September 2010 beim Europäischen Stahlbau Kongress „Steel Structures: Culture & Sustainability 2010“ in Istanbul in englischer Sprache gehalten wurde und Prof. Dr.-Ing. E. h. mult. Stefan Polónyi zu seinem 80. Geburtstag gewidmet war. Er ist im Oktober 2010 in der hier vorliegenden Form auch in der Zeitschrift „Bautechnik“ erschienen.

1 EINLEITUNG

Seit Jahrzehnten werden die meist monotonen und plumpen Straßen- und Bahnbrücken zu Recht kritisiert. Bei den Standardlösungen, die in kurzer Zeit für möglichst wenig Geld gebaut werden, bleibt wenig Spielraum für die Gestaltung. Diese werden teilweise von Architekten oft peinlich dekoriert. Jedoch ist seit etwa den 1980er Jahren eine neue Entwicklung zu beobachten.

Die Brücken von Santiago Calatrava, angefangen 1985 mit der unsymmetrischen Bogenbrücke in Barcelona (Abb. 1), markieren den Beginn eines Booms der „Architektenbrücken“ (obwohl er nicht nur Architekt sondern auch Bauingenieur ist). Seitdem können wir häufiger sorgfältig gestaltete Brücken bewundern. Insbesondere Fußgängerbrücken werden heute oft auch von Architekten entworfen. Bei denen kann man sich konstruktiv und wirtschaftlich durchaus einige Experimente



ABB. 1: Bogenbrücke in Barcelona,
Architekt und Ingenieur: Santiago Calatrava, 1985



ABB. 2: Erasmus Brücke in Rotterdam,
Architect Ben van Berkel, 1995

leisten, weil deren Spannweiten und Lasten relativ klein sind.

1995 überschritt der Architekt Ben van Berkel mit einer Straßenbrücke in Rotterdam eine neue Grenze. Seine Erasmusbrücke (Abb. 2) und die Alamillo Brücke von Calatrava in Sevilla, beide Schrägseilbrücken, sind trotz ernst zu nehmender Kritik seitens der Bauingenieure von unübersehbarer skulpturaler Ausdruckskraft. Diese lösten bei der entsprechenden Fachpresse eine große Begeisterung aus. Der im Dezember 2004 eröffnete **Viadukt bei Millau** (Abb. 3), der allzu schnell und allzu gerne dem britischen Architekten Norman Foster zugeschrieben wurde, ist ein neuer Höhepunkt in dieser Entwicklung. Seitdem haben auch Bücher und Bildbände über Brücken Hochkonjunktur.

Erfreulicherweise erlebt man immer wieder, dass im Bereich des Ingenieurbaus alte Bauwerke als ästhetisch und formal gelungene, beispielhafte Bauten angesehen werden. Nun ist die heutige Beurteilung der historischen Konstruktionen oft romantisch verklärt. So bewundert man ältere genietete Fachwerke als „filigrane Konstruktionen“ und behauptet, dass die früheren Ingenieure bessere Gestalter waren. Wir wissen, dass im 19. Jahrhundert die Querschnitte von Tragelementen müh-



ABB. 3: Viadukt de Millau in Frankreich, Ingenieur Michel Virlogeux, 2004

sam zusammengeklammert werden mussten, die heute als „leicht, feingliedrig“, „differenziert“ oder „transparent“ bezeichnet werden. Es standen damals nur wenige Profilsorten zur Verfügung. Die ersten normierten I-Profile standen erst ab 1881 zur Verfügung. In Deutschland konnten vollwandige Biegeträger für Eisenbahnbrücken erst ab den 1930er Jahren des 20. Jahrhunderts geschweißt werden. Es lässt sich nachweisen, dass die Gestalt der meisten historischen Konstruktionen auf statisch-konstruktive Überlegungen zurückzuführen ist. D.h. es ist falsch, in jeder alten Fachwerkkonstruktion eine bestimmte Gestaltungsabsicht des Erbauers zu vermuten. Vielmehr gab es in der Geschichte des Ingenieurbaus Phasen bewusster und sorgfältiger Gestaltung, aber auch solche des ungestümen und rücksichtslosen Bauens. Zeitweilig wurde ganz heftig um Gestaltungsfragen diskutiert, dann wieder mehr vor sich hin gebaut.

2 GESTALTUNG VON BRÜCKEN IM 19. JAHRHUNDERT

2.1 Georg Mehrtens, der Brückenbauer (1843–1917)

Die ausführlichsten und verlässlichsten Angaben bezüglich der Brückengestaltung im 19. Jahrhundert stammen von Georg Mehrtens. Er war Bauingenieur und Professor an der Technischen Hochschule in Dresden und Verfasser eines mehrbändigen Werkes mit dem Titel „Vorlesungen über Ingenieurwissenschaften“. Anlässlich der Pariser Weltausstellung im Jahre 1900 wird Mehrtens gemeinsam von allen damaligen deutschen Brückenbauunternehmen beauftragt, eine Denkschrift unter dem Titel „Der deutsche Brückenbau im XIX. Jahrhundert“ herauszubringen. Dieses Werk enthält auch einen Abschnitt mit dem Titel „Über den Konstruktionsentwurf“, wo er auf „Ästhetische Fragen des Eisenbrü-

ckenbaus“ eingeht. Ab 1908 erscheint sein Buch über den Eisenbrückenbau [1]. Dieses Werk stellt die denkbar vollständige Darstellung des Stahl- und des Brückenbaus bis Anfang des 20. Jahrhunderts dar. **Mehrtens** schreibt: „Die Gesamtkonstruktion einer Brücke wird praktisch erst brauchbar, wenn es der Konstrukteur bildlich gesprochen mit Fleisch und Blut umhüllt und ihm lebendigen Odem eingehaucht hat, damit das Ganze in Formen erscheint, die einerseits der Örtlichkeit und dem Zwecke des Bauwerks wohl angepasst sind und die andererseits eine angemessene Dauer und ausreichende Sicherheit der Konstruktion gewährleisten“. Er setzt sich auch sehr frühzeitig für eine enge Zusammenarbeit von Architekt und Ingenieur ein: „Diese Voraussetzung des fruchtbringenden Austausches künstlerischer und konstruktiver Gedanken kann jedoch nur dann zutreffen, wenn beide Faktoren von vornherein bei der Bearbeitung von Aufgaben zusam-



ABB. 4: Britannia Brücke über die Menai Straße 1846

menwirken; ich glaube dies hervorheben zu müssen, weil es auch neuerdings noch vorkommt, dass der Ingenieur die Hauptkonstruktionsteile endgültig im Entwurf festlegt und dann erst einen Architekten heranzieht, um ihnen den nötig erachteten künstlerischen Mantel umzuhängen.“

Mehrtens folgen auf dem Gebiete der Gestaltung von Ingenieurbauten 1928 Friedrich Hartmann, ein Bauingenieur und Professor aus Wien, mit seinem Buch „Ästhetik im Brückenbau“ [2] und erst 1982 Fritz Leonhardt mit „Brücken-Ästhetik und Gestaltung“ [3]

2.2 Gestaltung von Brückenbauten bis etwa 1860: „Zeitalter der Pioniere“

Mehrtens nennt die Zeit vor 1860 „das Zeitalter der Pioniere“. Betrachtet man z.B. die Bilder der beiden ältesten weitgespannten Eisenbahnbrücken Europas Britannia-Brücke über die Menaistraße (1842–1846) (Abb. 4) und die Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Dirschau (1842–1857) (Abb. 5),



ABB. 5: Eisenbahnbrücke in Dirschau, Polen 1857



ABB. 6: Sitterviadukt in der Schweiz 1856

stellt man fest, dass sie mit großer Sorgfalt entworfen und erbaut worden sind. Der Entwurf der stählernen Kastenbrücke stammt – in Anlehnung an die Konstruktion der Britannia-Brücke – vom Regierungsrat Carl Lentze. Die gemauerten Portale wurden 1859 nachträglich von Friedrich August Stüler erbaut. Mehrtens schreibt dazu: „Deren würdige monumentale Gesamterscheinung ist ein Beweis dafür, wie sehr man sich damals der hohen Bedeutung dieser Neuschöpfungen bewusst war. Man hat **dabei sogar die Mitwirkung von Architekten** als selbstverständlich angesehen. Allein im Drängen und Hasten der späteren **heißen Eisenbahnbauzeit**, oft auch aus Mangel an Geldmitteln oder aus anderen Gründen, ist der anfänglich vorhandene gute Wille, auch dem Architekten seinen Teil an den Ingenieurbauten zu gönnen, häufig erlahmt oder unterdrückt worden.“ [4]

Die folgenden Beispiele aus dieser Zeit zeigen, dass damals die Form nicht der Konstruktion folgte, sondern die „Architektur“

losgelöst von der Konstruktion additiv an die Brücken angebracht wurde, um diese auszuschmücken: 1856 wurde der Sitterviadukt bei Brügglen in der Schweiz (Abb. 6) auf der Linie Winterthur – St. Gallen, fertig gestellt. Ihm folgen 1857 die Isarbrücke bei Grosshesselohe und 1859 die Eisenbahnbrücke über den Rhein in Kehl (Abb. 7).

2.3 1860–1880: „Die heiße Eisenbahnbauzeit“

Die Zeitspanne von etwa 1860–1880 bezeichnet **Mehrtens** als „die heiße Eisenbahnbauzeit“, in der man die Gestaltung der Brücken nicht besonders berücksichtigt hat. Die Ingenieure entwerfen die Brückentragwerke hauptsächlich unter dem Aspekt, die inneren Kräfte zu optimieren. Man wählt Fachwerksformen, weil die Gurtkräfte annähernd konstant oder die Stabkräfte für die Ausfachung minimal waren. Manchmal wird ein Stabsystem nur deswegen gewählt, weil es statisch bestimmt und damit leichter berechenbar ist. Die „schönheitliche Gestaltung“ spielt in dieser Zeit keine nennenswerte Rolle. Der sogenannte Gerber- oder Gelenkträger ist eines der bekanntesten Beispiele, bei dem man aus Durchlaufträgern durch Einführung von Gelenken statisch bestimmte



ABB. 7: Eisenbahnbrücke über den Rhein in Kehl, 1861



ABB. 8: Forth-Brücke in Schottland 1890



ABB. 9: Schwedler Träger



ABB. 10: Portal der Isar Brücke in München 1875

Systeme erzeugen kann. Die Forth-Brücke (Abb. 8) in Schottland ist wohl die bekannteste Brücke, die in dieser Zeit mit diesem System gebaut wird.

Fritz Leonhardt vermerkt über diese Zeit folgendes: „Während die parallelgurtigen Gitterträger durch ihre Schönheit noch heute beeindruckend, entstanden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts vielerlei auf Schreibtischtheorien beruhende Formen, die ästhetisch empfindsame Menschen als ungestaltete Technik ablehnen mussten.“ [5] Einer der Ingenieure, die nach statischen Gesichtspunkten immer neue Konstruktionssysteme entwerfen, ist

Johann Wilhelm Schwedler (1823–1894). Er gilt bekanntlich als einer der Großmeister des deutschen Stahlbaus. U.a. entwickelt er den nach ihm benannten Fachwerkträger (Abb. 9), dessen Obergurt derart gekrümmt ist, dass in den Diagonalstäben bei keiner Laststellung Druckspannungen entstehen können. Weil ein solcher Obergurt in der Praxis kaum akzeptiert wird, ersetzt er ihn bei den mittleren Feldern durch einen geraden Stab und nimmt in Kauf, dass diese Felder dann mit Wechselstäben versehen werden müssen. In entsprechenden Veröffentlichungen über Brücken findet man um diese Zeit kaum einschlägige Stellungnahmen und Hinweise über deren Gestaltung.

2.4 1880–1900: Neue Maßnahmen zur Gestaltung von Brückenbauten

Die bewusste Gestaltung von Brückenbauten durch die Bauingenieure beginnt, wie auch Mehrtens mehrmals betont, erst infolge der heftigen Kritik seitens der Architekten und der Kunsthistoriker. Die Durchführung von öffentlichen Wettbewerben fördert diese Entwicklung ganz entscheidend. Zu einer besseren Gestaltung der Brückenbauten schlägt man verschiedene Wege ein.

2.4.1 Beeinflussung der Großform durch Systemwahl

Eine der Möglichkeiten, die Großform von Brücken zu beeinflussen, ist die Wahl von Tragsystemen, die aufgrund ihrer Umrisse eine bestimmte Fernwirkung erzielen können. Ab etwa 1890 ist in Deutschland ein Aufschwung der Bogenkonstruktionen im Brückenbau zu beobachten. Der Bogen kann dem bislang in allen Variationen ausgeführten Fachwerkbalken von der Großform und von der Gesamterscheinung her eine echte Alternative bieten. Um 1885 siegen Bogenkonstruktionen in verschiedenen Wettbewerben und bleiben fast 20 Jahre lang das beherrschende Brückensystem. Ob bei dieser Entwicklung

das im Vergleich zum Biegebalken günstigere Tragverhalten des Bogens für die Ingenieure nicht bedeutsamer ist als die Gestaltungsmöglichkeiten des Bogens, mag dahingestellt sein. Jedenfalls ist es nunmehr möglich, auch größere Spannweiten wirtschaftlich zu überbrücken. So wird z.B. 1899 der Rhein für eine Straßenbrücke bei Bonn mit einem Zwei-Gelenk-Fachwerkbogen mit einer Spannweite von 187,2 m überspannt.

2.4.2 Gestaltung der einzelnen Traglelemente

Die Notwendigkeit einer engeren Zusammenarbeit der Ingenieure mit Architekten wird allmählich erkannt. So können die Konstruktion und die architektonische Gestaltung gemeinsam behandelt werden. Man fängt an, die Konstruktion selbst zu gestalten. Dabei probiert man verschiedene Möglichkeiten aus.

- Die Ausschmückung der Konstruktion durch zusätzliche Ornamente und Malereien. z.B. werden die Portale der Isar-Brücke in München (1875) (Abb. 10) und die Fachwerkbogenbrücke bei Bonn (1899) reichlich mit Ornamenten versehen.
- Die „architektonische“ Gestaltung der einzelnen Traglelemente selbst und die Gestaltung der Konstruktion durch Mehrfarbigkeit. Die Themsebrücken in London (Abb. 11) sind interessante Beispiele für die Gestaltung der Konstruktion durch mehrfarbigen Anstrich.



ABB. 11: Southwark Brücke über die Themse in London mit mehrfarbigem Anstrich



ABB. 12: Turbinenhalle der AEG, Ingenieur Karl Bernhard, Berlin 1909

3 DIE ERSTE HÄLFTE DES 20. JAHRHUNDERTS

3.1 Die Ingenieure gestalten ihre Konstruktionen selber

Die Weiterentwicklung der technischen Möglichkeiten, wie z.B. die der Schweißverbindungen, ermöglicht neue Konstruktionen. Die Ingenieure entwickeln neue Tragsysteme. Der Berliner Stahlbauer **Karl Bernhard**, Erbauer von Industrie- und Brückenbauten, u.a. auch der **AEG Turbinenhalle** in Berlin-Moabit 1909 (Abb. 12), engagiert sich für die Selbstständigkeit der Ingenieure in gestalterischen Belangen. Er vertritt die Meinung, dass die Bauingenieure imstande sein müssen, ihre Bauten selber nach eigenen ästhetischen Regeln zu entwerfen und zu gestalten. Dafür fordert er eine geeignete Ausbildung der Ingenieure [6].

1920 definiert Mehrtens die Rolle des Architekten im Ingenieurbau folgender-



ABB. 13: Rahmenecke genietet und geschweißt

maßen: „Heute gilt es für den Architekten nicht mehr wie früher, nach einer ihm gegebenen Grundlage einen Eisenbau zu verschönern, denn das führt nur zu einem äußerlichen Aufputzen des Baues. Der Architekt muss vielmehr von vornherein mit dem Ingenieur zusammenarbeiten und diesen womöglich in dem folgerichtigen Durchdenken der gegebenen Grundbedingungen des Entwurfes noch zu übertreffen suchen.“ Wie man sieht, ist dies eine bereits sehr moderne Auffassung von einer Zusammenarbeit.

3.2 Friedrich Hartmann und die II. Tagung der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau IVBH

Einer der größten Verfechter der Selbstständigkeit der Bauingenieure in Sachen Gestaltung ist der Wiener Stahlbauer **Prof. Friedrich Hartmann**. Über die Gestaltung von Brücken schreibt er ein Buch mit dem Titel „Ästhetik im Brückenbau, unter besonderer Berücksichtigung der Eisenbrücken“ [2]. Dieses Thema ist auch ein fester Bestandteil seiner Vorlesungen an der TH-Wien. Er ist einer der Mitbegründer der IVBH. Durch seine Initiative findet die II. Tagung der Vereinigung 1928 in Wien statt. Bei dieser Tagung versucht Hartmann, die Bauingenieure auf ihre Möglichkeiten und ihre Verantwortung bei der Gestaltung ihrer Konstruktionen bewusst zu machen. So beschäftigen sich die ersten beiden Vorträge mit der Gestaltung von Ingenieurbauten. [7]

3.3 1920–1940 in Deutschland

Die theoretischen und die konstruktiven Möglichkeiten des Ingenieurbaus, insbesondere die des Stahlbaus, werden in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts weiterentwickelt. Vor allem der Autobahnbau bietet viele Möglichkeiten zur Erprobung neuer Brückensysteme. Bei den Autobahnbrücken entstehen bemerkenswerte neue Lösungen.



ABB. 14: Viadukt bei Limburg, Bonatz

Nachdem jahrzehntelang die mangelnde Kooperationsbereitschaft zwischen den Ingenieuren und Architekten zu Recht kritisiert wurde, entstehen durch die Zusammenarbeit von Architekten wie Paul Bonatz und Ingenieuren wie Emil Mörsch sowie von den einschlägigen Baufirmen wie Wayss und Freytag, Jucho, Klönne und MAN gestalterisch befriedigende Ingenieurbauten. Diese zeichnen sich auch durch eine sorgfältige Anpassung an die Landschaft und die bewusste Gestaltung aller wichtigen Detailpunkte aus.

Entsprechend den Entwicklungen in der Architektur der zwanziger Jahre, die durch den Einsatz von großen, ruhigen Flächen bestimmt wird, fordern die Architekten auch im Brückenbau statt Fachwerke Brückenträger mit Flächenwirkung. Gleichzeitig werden Schweißtechnik (Abb. 13) und die Herstellung von schweißfähigen Stahlsorten gefördert, so dass immer höhere Vollwandträger entstehen. Die Autobahnbrücke über den Rhein bei Frankenthal hat einen 6 m hohen Durchlaufträger mit einer maximalen Spannweite von 160 m.

In den dreißiger Jahren kommt eine andere Entwicklung zum Durchbruch. Die Stahlbrücken im inneren Stadtbereich werden als Fremdkörper empfunden. Die Architekten meinen, dass die älteren Steinbogen besser ins Stadtbild passen als die feingliedrigen Stahlkonstruktionen. Diese Vorstellungen führen in Deutschland dazu, dass im Brückenbau Mauerwerk und Stahl-



ABB. 15: Viaduc de Millau in Frankreich, Ingenieur Michel Virlogeux, 2004

beton (Abb. 14) mit oder ohne Natursteinverkleidung die Stahlbrücken verdrängen.

4 DIE HEUTIGE SITUATION ODER „WER ENTWIRFT DIE BRÜCKEN?“

Das 20. Jahrhundert bringt exzellente Brückenbauer hervor. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien hier genannt: Die Schweizer Robert Maillard, Othmar Ammann und Christian Menn, die Italiener Riccardo Morandi und Pier Luigi Nervi sowie die Deutschen Ulrich Finsterwalder, Fritz Leonhardt und Jörg Schlaich und nicht zu vergessen den Ingenieur und Architekt Santiago Calatrava. All diesen Bauingenieuren ist es gemein, dass sie zwar gut mit Architekten zusammenarbeiten, aber imstande und willens sind, ihre Bauwerke im Wesentlichen selber zu entwerfen. Sie legen großen Wert auf Gestaltung, artikulieren es auch in Wort und Schrift. Dies führt z.T. dazu, dass sie – wie z.B. bei Maillard, Nervi und sogar beim Dywidag Ingenieur Ulrich Finsterwalder oft geschehen – von Journalisten und Bauhistorikern als Architekt bezeichnet werden.

Wie in der Einführung erwähnt, ist seit den achtziger Jahren zu beobachten, dass nicht nur bei Fußgängerbrücken, sondern auch bei weitgespannten Straßenbrücken Architekten als Entwurfsverfasser genannt werden. So entstehen neben bemerkenswert schönen und interessanten Lösungen auch solche, wo Tragwerke wesensfremd und unsachgemäß eingesetzt werden. Die besten Brücken entstehen jedoch durch die sinnvolle Zusammenarbeit von Ingenieur und Architekt, wobei jeder sich nach seiner jeweiligen Kompetenz beteiligt. Bei weitgespannten Brücken bedeutet das, dass der Ingenieur die Federführung haben muss. So ist das folgende Angebot von Jörg Schlaich an die Architekten zu verstehen. „Die Architekten sollen wissen, dass wir Bauingenieure bei allen Bauten die Zusammenarbeit mit ihnen suchen, allerdings nur unter der Bedingung, dass die Rollenverteilung mit der fachlichen Kompetenz korrespondiert.“ [8]

Bei einer solchen Zusammenarbeit kommt es auch vor, dass Brücken, die im Wesentlichen von Ingenieuren entworfen

und gebaut werden, berühmten Architekten zugeschrieben werden. Eines der prominentesten Beispiele ist der Viadukt Millau, der den letzten Höhepunkt europäischer Brückenbaukunst darstellt. Im Jahr 2004 wurde die Eröffnung des Viadukts in Frankreich zu einem nationalen Ereignis stilisiert. Trotzdem feierten selbst französische Zeitungen wie „Libération“ und „Le Figaro“ den britischen Architekten Norman Foster als denjenigen, dem der große „Wurf“ gelungen sei. Der Viaduc de Millau (Abb. 15) wurde von einem Team um den Ingenieur Michel Virlogeux konzipiert, der seit 1989 an der Planung dieses gigantischen Bauwerks gearbeitet hatte. Das zeigt, dass ein öffentliches Bedürfnis nach großen Namen existiert, welches die Bauingenieure offenbar nicht befriedigen können. Daher ist zu befürchten, dass der Viadukt Millau ein Werk von Sir Norman Foster bleiben wird.

LITERATUR

- [1] Mehrtens, Georg: Der Deutsche Brückenbau im XIX. Jahrhundert, Springer, Berlin 1900
- [2] Hartmann, Friedrich: Ästhetik im Brückenbau, Franz Deuticke, Wien 1928
- [3] Leonhardt, Fritz: Brücken-Ästhetik und Gestaltung, DVA, Stuttgart 1982
- [4] Mehrtens, Georg: Vorlesungen über Ingenieurwissenschaften, Zweiter Teil, Eisenbrückenbau, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig 1908
- [5] Leonhardt: ebd.
- [6] Bernhard, Karl: Eisenbaukunst, Der Bauingenieur 1920, Heft 1, S. 19
- [7] IVBH: Bericht über die II. Internationale Tagung für Brückenbau und Hochbau, Wien 1929
- [8] Schlaich, Jörg: Zur Gestaltung von Ingenieurbauten oder Die Baukunst ist unteilbar, Bauingenieur 1986, Heft 61, S. 49

FAKULTÄT ARCHITEKTUR UND GESTALTUNG

FORSCHUNGEN ZUR NEUEREN ARCHITEKTURGESCHICHTE

Unter dem Aspekt einer zunehmenden Bedeutung des Bauens im Kräftefeld historischer Bausubstanz für den Architekten von heute, auch aber unter dem Aspekt eines erweiterbaren Spektrums der Architektentätigkeit nach Abschluss des Studiums, werden im Rahmen des Projektes die Grundlagen des architektonischen Wirkens in der Gegenwart untersucht, die aus den verschiedenen Architekturwegen, insbesondere des späten 19. und des 20. Jahrhunderts, hier bis in die fünfziger Jahre hinein, herausgefiltert werden sollen. Diese Forschungen zur Entstehung der modernen Architektur sollen die Notwendigkeit einer engen Verknüpfung verschiedener Disziplinen, etwa die der Bauingenieure, der Denkmalpfleger, der Historiker und der Architekten, aufzeigen sowie die Unabdingbarkeit der vertieften Kenntnis neuerer Architekturgeschichte zur Gestaltung einer aktuellen und doch über dem Fluss des Modischen stehenden Architektur, zur Ausbildung einer eigenen, genuine Formsprache.

Prof. Dr. Immo Boyken

Tel.: +49 (0)7531 206-199, +49 (0)7531 65849

E-Mail: boyken@htwg-konstanz.de

WECHSELWIRKUNGEN BEI DER KOMMUNIKATION MIT GESCHRIEBENEM, PRÄSENTIERTEM UND BILDERN

Im Projekt werden die Fragestellungen untersucht: Welche Wechselwirkungen entstehen bei der Kommunikation mit Geschriebenem, Präsentiertem und Bildern? Wie geht eine Professionalisierung dieser Kommunikation vonstatten? Wie kann sie befördert werden, insbesondere bei der Vermittlung komplexer Sachverhalte wie in der Kommunikation von Wissenschaft und Technik?

Prof. Dr. phil. Volker Friedrich

Tel.: +49 (0)7531 206-659

E-Mail: fried@htwg-konstanz.de

JÜDISCHE JUGEND IN DEUTSCHLAND

Seit 2005 arbeiteten neun Studenten und drei Professoren der Hochschule Konstanz im Studiengang Kommunikationsdesign an dem Ausstellungs-, Publikations- und Dokumentarfilmprojekt „Jüdische Jugend heute in Deutschland“. Anliegen ist, einen bedeutenden, aber weithin unbekannten Aspekt deutscher Gegenwart darzulegen. Wichtiger Bestandteil der Arbeit sind Begegnungen und Gespräche mit jungen Juden in Deutschland. Diese Gespräche bilden die Grundlage für die Ausstellung und den Dokumentarfilm. Das Stichwort „Begegnung“ ist zentral für das gesamte Projekt. Zusätzlich wurden Fakten zur Situation jüdischer Jugendlicher im besonderen und der Juden in Deutschland im allgemeinen recherchiert und aufbereitet. Auch aktuelle Entwicklungen, wie die Zuwanderung osteuropäischer Juden, wurden dabei in den Blick genommen. Im Dezember 2005 konnten die im Rahmen des Projekts entstandenen Fotografien und Interviews im „Deutschen Haus“ der New York University präsentiert werden, 2006

in der „Galerie im Turm“ in Konstanz, im „Deutsch-Amerikanischen Institut Heidelberg“, gegen Ende des Jahres 2006 im Jüdischen Museum Berlin und 2007 im Jüdischen Museum Frankfurt. 2008 war die Ausstellung im „Beit Daniel – Center for the Progressive Judaism“ in Tel Aviv und im „Jüdischen Museum Franken“ in Fürth.

Prof. Dr. phil. Volker Friedrich

Tel.: +49 (0)7531 206-659

E-Mail: fried@htwg-konstanz.de

SCHREIBEN IM BERUF

Die Arbeit von Führungskräften in der Wirtschaft und in Organisationen ist geprägt vom Schreiben. Doch wie schreibt man „Texte, die zünden“, die gelesen und verstanden werden? Gelungene schriftliche Kommunikation ist oft der Schlüssel zum Erfolg. Das Projekt „Professionelles Schreiben: Schreiben im Beruf“ untersucht diese Form der Kommunikation.

Prof. Dr. phil. Volker Friedrich

Tel.: +49 (0)7531 206-659

E-Mail: fried@htwg-konstanz.de

ATLAS SOLARARCHITEKTUR DEUTSCHLAND

Im Projekt wird erforscht, wie Solartechnik in Architektur-Projekte gestalterisch eingebunden werden kann. Es entwickelt eine Systematik, nach der sich gebäudeintegrierte Solarsysteme nach technischen und gestalterischen Gesichtspunkten bewerten und kategorisieren lassen. Ein Anschlussprojekt nutzt die Arbeit als theoretischen Teil: die Umsetzung eines Online-Atlas Solararchitektur Deutschland. Zuerst werden architektonisch interessante Solarprojekte recherchiert. Ziel ist die Dokumentation aller Gebäude in Deutschland mit hochwertig integrierter Solartechnik. Hierfür werden insbesondere die vorhandenen Kontakte zur Solarindustrie genutzt; umfangreiche Vorarbeiten zu einer vorhandenen Projektdatenbank wurden bereits geleistet (insb. Masterarbeit L. Schönrock: Gestaltungskriterien für gebäudeintegrierte Solarthermische Anlagen). Die Projektsammlung ist die Basis für den zweiten Schritt: Eine Analyse der Flächenpotenziale und die Auflistung der Anforderungen aus Sicht von Gestaltung, Funktion und Technik. Die Flächenpotenziale werden abgeleitet aus architektonischen Gestaltungsmerkmalen, Gebäudetypologien und typischen Bauformen. Für die funktionalen und konstruktiven Kriterien wird die Gebäudehülle analysiert. Die Anforderungen aus Sicht der Solartechnik werden zusammen mit kompetenten Herstellern von Solarsystemen erarbeitet. Der dritte Schritt entwickelt eine Systematik für die Bewertung und Kategorisierung von gebäudeintegrierter Solartechnik. Kriterien sind: Funktion des Solarsystems, Funktion der Gebäudehülle, Effizienz der Systemkomponenten, Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage über den Lebenszyklus, Nutzung von Synergieeffekten zwischen Techniken, Gestaltqualität der Solarkollektoren und -module, architektonische Wirkung der Solarelemente auf den Gesamtentwurf. Ergebnis ist ein universelles Bewertungssystem, nach dem Solarsysteme aus architektonischer Sicht kategorisiert werden können. Das Projekt endet mit



der Anwendung des Bewertungs-Systems auf die Projektsammlung: vorbildliche und zukunftsweisende Projekte werden benannt. Das Bewertungssystem und die ausgewählten Projekte bilden die Basis für die spätere Umsetzung des Online-Atlas Solararchitektur.

Prof. Dr. Thomas Stark

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: thomas.stark@htwg-konstanz.de

BAER – BODENSEE-ALPENRHEIN-ENERGIEREGION

Das Fachgebiet Energieeffizientes Bauen erforscht die Möglichkeiten einer nachhaltigen Energieversorgung des Bodenseeraumes im Rahmen der Bodensee-Alpenrhein-Energieregion (BAER). Das BAER-Projekt ist ein internationales Forschungsprojekt mit vier Hochschulen aus Liechtenstein und der Schweiz. Es gehört zum Schwerpunktthema „Energie, Umwelt und Mobilität in der Regio Bodensee“ der Internationalen Bodenseehochschule (IBH) und wird von der Europäischen Union gefördert. Die Schwerpunkte der Forschungsarbeit am Fachgebiet Energieeffizientes Bauen sind die Erfassung der Energiebedarfsstruktur des BAER-Projektgebietes, Untersuchung der Energieströme in großen Siedlungsräumen sowie die Potenzialermittlung regenerativer Energiegewinnung. Ziel ist die Entwicklung einer Methodik zur Erstellung eines Energiekonzeptes für Städte und Regionen.

Prof. Dr. Thomas Stark

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: thomas.stark@htwg-konstanz.de

ENERGIEEFFIZIENTE BELEUCHTUNGSANWENDUNGEN MIT LEDS DURCH ANGEPASSTE OPTISCHE AUSKOPPELSYSTEME

Mit der Patentierung der Glühlampe legte Thomas Alva Edison im Jahre 1880 den Grundstein für die Einführung einer elektrischen Gebäudebeleuchtung. Deren Technologie ist nach wie vor die Grundlage für eine Vielzahl von Lösungen in der Beleuchtungstechnik. Die Glühlampe hat den Vorteil einer exzellenten Farbwiedergabe, der stufenlosen Dimmbarkeit und einem unproblematischen Ein- und Ausschaltverhalten. Die Energieeffizienz dieser Leuchtmittel ist jedoch sehr gering. Unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung wurde daher ein stufenweises Verkaufsverbot für Glühlampen innerhalb der Europäischen Union beschlossen. Alternative Leuchtmittel mit einer deutlich höheren Energieeffizienz sind beispielsweise Gasentladungs- oder Kompaktleuchtstofflampen (die sogenannten Energiesparlampen). Wenngleich diese als vollwertiger Ersatz für die Glühlampe propagiert werden, haben auch sie erhebliche Nachteile. Dies betrifft vor allem die Farbwiedergabe und das Einschaltverhalten. Ebenfalls nicht unproblematisch ist das in diesen Lampen enthaltene Quecksilber. Demgegenüber haben Leuchtdioden (LEDs) in den letzten Jahren eine erstaunliche Entwicklung erlebt. Eingeführt als einfarbige (monochrome) Lichtquellen kleiner Leistung, war ihre Anwendung zunächst auf Spezialgebiete, wie beispielsweise Anzeigen oder Skalenbeleuchtungen, beschränkt. Mit der Entwicklung der „weisen“ LED – zusammen mit einer erheblichen Leistungs- und Effizienzsteigerung haben diese

Leuchtmittel nun das Potenzial, die obengenannten Alternativen zu ersetzen ohne dabei deren Nachteile zu übernehmen. Besonders interessant in diesem Zusammenhang sind die sogenannten Organischen LEDs (OLED). Diese Technologie befindet sich derzeit im Übergang von der Grundlagenforschung zur Anwendung und kann bereits in einigen Nischenbereichen (beispielsweise besonders brillante Displays von Mobiltelefonen) eingesetzt werden. Speziell diese Technologie besitzt das Potenzial, die Gebäudebeleuchtung grundlegend zu verändern. Es besteht daher ein großer und aktueller Bedarf, LEDs und OLEDs auch und speziell für die Einsatzfelder Innen- und Außenbeleuchtung weiterzuentwickeln. Bislang werden LEDs und die zugehörige Auskoppel- und Lichtformungsoptiken im Wesentlichen unabhängig voneinander entwickelt. In diesem Projekt soll eine Methodik für den Bau energieeffizienter Innen- und Außenbeleuchtung entwickelt werden. Dazu gehören alle systemrelevanten Aspekte wie das Design und die Herstellung hocheffizienter Freiformoptiken, Thermomanagement, mechanische Randbedingungen, Materialverhalten aber auch Randbedingungen zur Integration in Gebäude und Anlagen mit deren Beleuchtungs- und Energiekonzepten.

Prof. Dr. Thomas Stark

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: thomas.stark@htwg-konstanz.de

ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN

Baunetz Wissen Solar: Das größte deutschsprachige Online-Portal für Architekten dient als Informationsplattform für das aktuelle Baugeschehen und wird als Nachschlagewerk für die Planung genutzt. Das Wissensportal zum Thema Solares Bauen wird vom Fachgebiet Energieeffizientes Bauen inhaltlich betreut. Ziel ist die Vermittlung aktueller Entwicklungen in Forschung und Praxis an Architekten, Studenten und Interessierte. Energieanalysen (HAWK Hildesheim, Greenpeace Hamburg, Probsteikirche Leipzig): Die Energieuntersuchungen sind eine Hilfestellung für Architekturbüros im Wettbewerb. Im Auftrag gegeben vom Wettbewerbsauslober, stellt die Untersuchung die Möglichkeiten der Energienutzung und -produktion am Grundstück übersichtlich und ansprechend dar.

Prof. Dr. Thomas Stark

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: thomas.stark@htwg-konstanz.de

SOLAR-DECATHLON 2012

Die Hochschule Konstanz erarbeitet einen Wettbewerbsbeitrag zum Solar Decathlon Europe 2012. Entsprechend den Regularien des Wettbewerbs wird ein energieautarkes Solarhaus mit Wohnnutzung entwickelt, in Konstanz gebaut, dann zerlegt nach Madrid transportiert und endgültig aufgebaut. Im Rahmen dieses Projektes wird das Ziel verfolgt, zukunftsweisende Ansätze für Null- und Plusenergiegebäude zu erforschen. Ein wichtiger Aspekt ist eine möglichst hohe Übertragbarkeit der realisierten Lösung auf andere Bauaufgaben. Ziel ist, ein Gebäude zu entwickeln, das über den Wettbewerbszeitraum hinaus



eine wertvolle Funktion übernimmt. Im Anschluss an die Wettbewerbsphase wird das Haus als Lehr-, Demonstrations- und Forschungsgebäude für Energieeffizientes Bauen der HTWG Konstanz genutzt. Dies wird sowohl über die Struktur des Bauwerks (flexible Grundstruktur mit Umnutzungskonzept sowie „plug-and-play-Fassade“) als auch über den Standort (direkt am Campus) sichergestellt.

Prof. Dr. Thomas Stark

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: thomas.stark@htwg-konstanz.de

LEIT- UND ORIENTIERUNGSSYSTEM

Es wurde ein touristisches Leit- und Orientierungssystem für alle Verkehrsteilnehmer, aber vordringlich Pkw, insbesondere eine Wegeleitsystematik und entsprechende Visualisierungen für die Gemeinde Reichenau entwickelt.

Prof. Brian Switzer

Tel.: +49 (0)7531 206-853

E-Mail: switzer@htwg-konstanz.de

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

STRASSENBAUTECHNIK UND ERHALTUNGSMANAGEMENT FÜR KOMMUNALE STRASSEN

Prof. Dr. Andreas Grossmann

Tel.: +49 (0)7531 206-215

E-Mail: andreas.grossmann@htwg-konstanz.de

BÜRO-EFFIZIENZ

Im Projekt wird untersucht, welchen Einfluss bauphysikalische Parameter (Schall, Licht, Wärme, Luftfeuchtigkeit etc.) auf die Arbeitsleistung und das Befinden der Nutzer von Büros haben. Dabei wird die Wechselwirkung der bauphysikalischen Einflussparameter, Arbeitsabläufe und Arbeitsorganisation untersucht.

Prof. Dr. Bernd Jödicke

Tel.: +49 (0)7531 206-345

E-Mail: joedicke@htwg-konstanz.de

MULTISPECTRAL-SCANKAMERA

Ziel der Kooperation ist es, die Kompetenzen der HTWG Konstanz im Bereich Farb- und Lichtmesstechnik mit den Fähigkeiten eines Unternehmens zu vereinigen, um so schneller neue Anwendungen und Produkte im Bereich Farb-Kamera Scantechnik umsetzen zu können.

Prof. Dr. Bernd Jödicke

Tel.: +49 (0)7531 206-345

E-Mail: joedicke@htwg-konstanz.de

WEGGESTEUERTE ABNAHMEPRÜFUNGEN AN ZEMENT- GEBUNDENEN STABILISIERUNGSSÄULEN

Es werden Bauwerke bzw. Teile von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus auf Schäden untersucht, die die Gebrauchstauglichkeit oder die Tragfähigkeit vermindern könnten. Vorwiegend handelt es sich dabei um drei Gruppen von Schadensursachen: Planungs- oder herstellungsbedingte Mängel bei Neubauten, Mängel und Bauschäden infolge witterungsbedingter Einflüsse, Materialermüdung und Abnutzung, vorwiegend an älteren Bauwerken und Brandschäden. Die Zustandserfassung ist in der Regel mit verschiedenen Untersuchungen vor Ort verbunden, wie z.B. Messung der Karbonatisierungstiefe, Messung der vorhandenen Betonüberdeckung, Messung der Eindringtiefe von Chloriden, und die zerstörungsfreie Bestimmung der vorhandenen Druck- bzw. Haftzugfestigkeiten von Bauteilen vor Ort. Ferner werden an betroffenen Stellen Materialproben für weitere Untersuchungen im Labor entnommen. An diesen Proben können z.B. die Feuchte, die Wassereindringtiefe, die Festigkeit, die chemische Zusammensetzung, der Gehalt an wasserlöslichen Salzen und eventuelle Auffälligkeiten im Gefüge untersucht werden. Die vor Ort und an den entnommenen Proben bestimmten Kennwerte werden ausgewertet und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Gebrauchs- bzw. Tragfähigkeit des Bauwerks bewertet.

Prof. Dr. Wolfgang Reitmeier

Tel.: +49 (0)7531 206-224

E-Mail: reitmeier@htwg-konstanz.de

FEMBAU – FINITE-ELEMENT-MODELLIERUNG IM KONSTRUKTIVEN INGENIEURBAU

Im Projekt FEMBAU werden Konzepte zur Modellierung von Tragwerkselementen des konstruktiven Ingenieurbaus für die Finite-Element-Methode entwickelt. Darüber hinaus werden Tools für den Einsatz neuer Medien für die Vermittlung der Finite-Element-Methode in der Lehre konzipiert.

Prof. Dr.-Ing. Horst Werkle

Tel.: +49 (0)7531 206-212/164

E-Mail: werkle@htwg-konstanz.de

SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN AN BAUPRODUKTEN

In diesem Arbeitsbereich sind Prüfaufträge an Bauprodukten zusammengefasst, die nicht im Rahmen der von der Bauaufsicht geforderten Güteüberwachung, sondern im Auftrag im Zusammenhang mit speziellen Baumaßnahmen oder mit der Entwicklung neuer Bauprodukte durchgeführt werden. Beispiele hierfür sind Spezialprüfungen an Styroporblöcken, die bei Dammschüttungen im Straßenbau verwendet werden, Spezialprüfungen an glasfaserverstärkten Betonelementen, an Schalungsankern, Verwahrkästen (Abschalelemente mit Anschlussbewehrung), neu entwickelten Estrichen, Festigkeitsprüfungen an Gewebeschnäuren, Spezialprüfungen an Natursteinen etc. Meist handelt es sich dabei um neu entwickelte Bauprodukte, die im Auftrag der Hersteller auf bestimmte Eigenschaften und Eig-

nungen hin untersucht werden sollen. Da es sich hier oft nicht um Standardprüfungen handelt, für die es Prüfnormen gibt, müssen nicht selten geeignete Prüfverfahren entwickelt werden.

Prof. Franz Zahn PhD

Tel.: +49 (0)7531 206-216

E-Mail: zahn@htwg-konstanz.de

ZUSTANDSERFASSUNG UND BEGUTACHTUNG VON BAUTEILEN UND BAUSTOFFEN DES HOCH- UND TIEFBAUS

Im Auftrag werden Bauwerke bzw. Teile von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus auf Schäden untersucht, die die Gebrauchstauglichkeit oder die Tragfähigkeit vermindern könnten. Vorwiegend handelt es sich dabei um drei Gruppen von Schadensursachen: Planungs- oder Herstellungsbedingte Mängel bei Neubauten, Mängel und Bauschäden infolge Witterungsbedingter Einflüsse, Materialermüdung und Abnutzung, vorwiegend an älteren Bauwerken, und Brandschäden. Die Zustandserfassung ist in der Regel mit verschiedenen Untersuchungen vor Ort verbunden, wie z.B. Messung der Karbonatisierungstiefe, Messung der vorhandenen Betonüberdeckung, Messung der Eindringtiefe von Chloriden und die zerstörungsfreie Bestimmung der vorhandenen Druck- bzw. Haftzugfestigkeiten von Bauteilen vor Ort. Ferner werden an betroffenen Stellen Materialproben für weitere Untersuchungen im Labor entnommen. An diesen Proben können z.B. die Feuchte, die Wassereindringtiefe, die Festigkeit, die chemische Zusammensetzung, der Gehalt an wasserlöslichen Salzen und eventuelle Auffälligkeiten im Gefüge untersucht werden. Die vor Ort und an den entnommenen Proben bestimmten Kennwerte werden dann ausgewertet und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Gebrauchs- bzw. Tragfähigkeit des Bauwerks bewertet.

Prof. Franz Zahn PhD

Tel.: +49 (0)7531 206-216

E-Mail: zahn@htwg-konstanz.de

FAKULTÄT ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

SIMULATION

Validierung und Weiterentwicklung von Simulationstools zur Prozessverbesserung.

Prof. Dr. Thomas Birkhölzer

Tel.: +49 (0)7531 206-239

E-Mail: birkh@htwg-konstanz.de

INTERNETBASIERTE ARCHITEKTUR FÜR LOKALE GNSS-KOMPONENTEN

Mit lokalen Komponenten wird bei globalen Navigationssatellitensystemen (Global Navigation Satellite System, GNSS) wie GPS, GLO-NASS und GALILEO das Leistungsangebot des Dienstes vor Ort für meist professionelle Nutzer ergänzt (Mehrwertdienste). Durch die

Bestimmung und Verbreitung differenzieller Korrekturdaten, lokaler Integritätsinformation oder zusätzlicher Signale z.B. durch Pseudolites wird eine Verbesserung der Leistungsparameter von Satellitennavigationslösungen bezüglich Genauigkeit, Verfügbarkeit und Integrität in einem lokal begrenzten Einsatzgebiet erreicht. Derzeit in Deutschland verfügbare Dienste wie beispielsweise der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS) oder der privatwirtschaftliche Dienst ASCOS basieren, in ihrer technischen Implementierung, aus einem Netz von Referenzstationen, das über Kommunikationsverbindungen (meist Standleitungen) mit einem oder mehreren Kontrollzentren verbunden ist. In Kooperation mit der Alberding GmbH, dem Department of Telecommunications der AGH University of Science and Technology (Krakau/Polen) und mit Unterstützung der Siemens AG (Industrial Solutions and Services) wird eine erweiterbare internetbasierte redundante Architektur für lokale GNSS-Komponenten (Verbreitung differenzieller Korrekturdaten und lokaler Integritätsinformation) entwickelt. Diese Architektur soll als reine Serverlösung, einsatzfähig auf dedizierten Servern (Mietserver/Root-Server), mit für Internetdienste gängigen Technologien wie beispielsweise Linux, Apache, MySQL, PHP oder Perl als Prototyp, mit dem zukünftige Entwicklungen auf dem Gebiet der lokalen GNSS-Dienste entwickelt und getestet werden können, implementiert werden.

Prof. Dr. Harald Gebhard

Tel.: +49 (0)7531 206-270

E-Mail: harald.gebhard@htwg-konstanz.de

3-STUFEN-PULSWECHSELRICHTER MIT ENTLASTUNGSNETZWERK

Im Projekt wird ein 3-Stufen-Pulswechselrichter mit einem neuartigen Entlastungsnetzwerk entwickelt. Mit der Schaltungsanordnung werden Schaltverluste vermieden und der Wirkungsgrad gesteigert.

Prof. Dr. Manfred Gekeler

Tel.: +49 (0)7531 206-220

E-Mail: gekeler@htwg-konstanz.de

ENTWICKLUNG EINES NETZTEILES MIT HOHEM WIRKUNGSGRAD FÜR COMPUTER

Gegenstand des kooperativen Projektes ist die Entwicklung und Erprobung eines Netztes mit hohem Wirkungsgrad ohne Lüfter, das in Zusammenarbeit der HTWG Konstanz und der Firma Diagnostika M GmbH, Moskau ausgelegt wurde. Es soll eine neue Schaltung für Netzteile entwickelt werden, die eine bedeutende Energieeinsparung bewirkt. Aufbauend auf theoretischen Betrachtungen und experimentellen Untersuchungen, soll ein vorhandener Prototyp weiter entwickelt und auf den Standard der industriellen Fertigung vorbereitet werden. Das Projekt liegt im Bereich der Technologien für Ressourcen, Energieeffizienz und nachhaltige Umwelttechnologien.

Dr. Alexander Kirjuchin

Tel.: +49 (0)7531 206-236

E-Mail: kirjuch@htwg-konstanz.de



INVESTIGATION OF THE MATERIAL OF PERMANENT MAGNETS AND DEVELOPMENT OF METHODS TO INCREASE THE RELIABILITY OF PREMAGNETIZATION OF INDUCTIVITIES

Aim of the project is to find out the maximum frequency and flux density for those magnetic materials, which are appropriate to premagnetization and maintain remanence.

Dr. Alexander Kirjuchin

Tel.: +49 (0)7531 206-236

E-Mail: kirjuch@htwg-konstanz.de

EIGENDIAGNOSE UND PROGNOSTIK FÜR MAGNETAKTUATOREN

Elektromagnetische Aktuatoren in Form von Hubmagneten oder Schaltventilen kommen in einer Vielzahl von technischen Anwendungen, z.B. in Aufzügen, Kraftwerken, hydraulischen Ventilen, Hochspannungsschaltern Gaswechselventilen etc., zum Einsatz. Wesentliches Merkmal ist, dass diese Aktuatoren eine immense Anzahl von Schaltzyklen durchlaufen müssen. Je nach Anwendungsgebiet können Hubmagnete einige Millionen, Schaltventile bis zu einer Milliarde Schaltspiele erreichen. Mechanische, thermische und elektrische Beanspruchungen sorgen dafür, dass die Aktuatoren einem gewissen Verschleiß und damit einer begrenzten Lebensdauer unterliegen. Das Projekt dient der Erforschung von Merkmalen während des Betriebs leicht messbarer physikalischer Größen, die Aufschluss über den aktuellen Status (State of Health, SoH) des Aktuators geben. Als weiterer innovativer Aspekt sollen darüber hinaus Möglichkeiten untersucht werden, den weiteren Verlauf des SoH zu prognostizieren. Hierdurch wird der Übergang von einer reaktiven Instandhaltung zu wesentlich effizienteren, zustandsorientierten Wartungsstrategien ermöglicht, da diese Magnetaktuatoren die Fähigkeiten einer Selbstdiagnose erlangen. In sicherheitsrelevanten Anwendungen können dadurch intelligente Selbstschutzmechanismen implementiert und Störfälle minimiert werden. Neben einer signifikanten Senkung von Wartungskosten werden somit auch die Verfügbarkeit und Sicherheit ganzer Systeme erhöht. In zukünftigen Projekten können die Prognosemodelle und Analyseverfahren auf weitere magnetische Systeme, wie z.B. elektrische Antriebe, übertragen werden, um die Forschungsergebnisse auf eine höhere Anzahl von Anwendungen auszuweiten. Weiter kann eine Systematik aufgestellt werden, mit der die Diagnoseverfahren in die Struktur hoch integrierter Systeme eingebunden werden können, um systematische, zustandsorientierte Wartungsstrategien und Selbstschutzmechanismen aufstellen zu können.

Prof. Dr. Johannes Reuter

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: jreuter@htwg-konstanz.de

GNSS-GESTÜTZTES LOWCOST-MULTISENSORSYSTEM ZUR MOBILEN PLATTFORMNAVIGATION UND OBJEKTGEOREFERENZIERUNG

Ein Konsortium aus acht Unternehmen und den Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Karlsruhe und Konstanz hat sich zu-

sammengeschlossen, um die nächste Generation an präzisen Low-cost-Navigationsplattformen zu entwickeln und neue Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen.

Prof. Dr. Johannes Reuter

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: jreuter@htwg-konstanz.de

NEUE VERFAHREN ZUR VERMEIDUNG VON SCHIFFSKOLLISIONEN AUF BINNENSEEN

Im Bereich der Schifffahrt machen Kollisionen bei weitem den größten Teil aller Unfälle aus. So geht aus dem Internationalen Polizeibericht in 2007 für den Bodensee hervor, dass Kollisionen mit 58% die häufigste Ursache darstellen. Die Schadenssumme allein am Bodensee stieg um 72% auf 518.000 Euro. Auf dem Bodensee sind rund 50.000 Boote registriert. Rechnet man die Schadenssumme hoch auf die bundesweite Anzahl zugelassener Boote (450.000 in 2005), so kann man von einer jährlichen Schadenssumme von etwa 4,5 Millionen Euro ausgehen. Eine US-Statistik berichtet von 1600 Schiffskollisionen in US-Gewässern in 2006 mit über 120 Opfern und benennt unter den 10 häufigsten zur Kollision führenden Ursachen mangelnde Aufmerksamkeit (1), Achtlosigkeit des Schiffsführers (2) sowie kein angemessenes Ausschauhalten der Crew (5). Um eine Minderung des Kollisionsrisikos zu erreichen, sind in der kommerziellen Schifffahrt seit geraumer Zeit verschiedene Systeme im Einsatz, die basierend auf GPS, Radar und Automatic Identification Systemen (AIS) in Verbindung mit digitalen Karten den Schiffsführer bei der Navigation unterstützen. Diese Systeme finden im Wesentlichen im Küstenbereich und auf Wasserstraßen Verwendung. Für den nicht-kommerziellen Schiffsverkehr, insbesondere für kleinere Sportboote, die jedoch den weitaus größten Teil des Verkehrsaufkommens auf Binnengewässern ausmachen, sind derartige Systeme bisher nicht verbreitet. Dies liegt zum Teil an den Kosten solcher Systeme, zum anderen ist die auf spurgeführten Wasserstraßen bzw. in Fahrrinnen gewählte Vorgehensweise nicht direkt auf die in der Regel ungeordnete Verkehrssituation, wie sie sich auf Binnenseen darstellt, übertragbar. Für die Realisierung von Systemen, die geeignet sind, Piloten von Freizeitbooten bei der Navigation und insbesondere bei der Vermeidung von Kollisionen zu unterstützen, gibt sich eine Reihe von Schwierigkeiten. Geht man davon aus, dass eine übergreifende Ausstattung mit AIS, bei dem jedes Fahrzeug seine Positionskordinaten und Bewegungsdaten sendet und in Form eines Hopping Networks gegenseitig Manöver automatisch synchronisiert werden können, nicht gegeben ist, so muss mit Hilfe geeigneter Sensorik, in der Regel Radar, die lokale Verkehrssituation aufgenommen und algorithmisch interpretiert werden. Die Szenenaufnahme ist insbesondere wegen der Schiffs-Eigenbewegung mit ihrer großen Zahl von Freiheitsgraden erschwert. Will man aus Kosten- und Komplexitätsgründen auf den Einsatz aktiv stabilisierter Plattformen verzichten, so kommt aufgrund der Eigenbewegung der Sensoren dem Einsatz geeigneter Tracking-Algorithmen eine große Bedeutung bei. Aufgrund der komplexen Eigenbewegung des Schiffes sind daher z.B.

Trackingverfahren, wie sie bereits heute im Automobilbereich verwendet werden, nicht oder höchstens bedingt geeignet. Hier besteht ein signifikanter Bedarf an Innovationen. Liegt die Szene schließlich z.B. als zweidimensionale lokale Karte vor, in der die Koordinaten und Relativbewegungen der im Sensorbereich detektierten Objekte verfügbar sind, so stellt sich als nächste Schwierigkeit die richtige Interpretation der Szene. Die Kurse, unter denen sich u.U. eine Vielzahl von Booten einem potenziellen Kontaktpunkt nähern, sind auf Seen nahezu beliebig, was zu komplexeren Anforderungen bzgl. der Vorhersage und der Kollisionsvermeidungsstrategien führt. Im einfachsten Fall kann dem Schiffsführer ein z.B. akustisches Signal die Gefährdung signalisieren. In weiter ausgebauten Versionen können direkte Vorschläge für ein geeignetes Manöver gemacht werden. Hierzu müssen geeignete Pfade unter Berücksichtigung der Bewegungsmöglichkeiten des Bootes und insbesondere auch der Schifffahrtsregeln geplant und hinsichtlich geeigneter Gütekriterien gewichtet und ausgewählt werden. Die Anforderungen gehen damit über die verbreiteten Wegplanungs-Szenarien autonomer Roboter hinaus. In einer weiteren Ausbaustufe soll es ermöglicht werden, die Manöver autark durchzuführen, was den Einsatz eines geeigneten Autopiloten zur Folgeregelung erfordert. Die innerhalb dieses Projektes entwickelten Methoden und Verfahren sind über die Anwendung in der Schifffahrt auch in verschiedenen anderen Bereichen von Nutzen. Neben dem Einsatz verbesserter Tracking Algorithmen beim Adaptive Cruise Control oder Lane Departure Warning zur Unfallvermeidung bei Autos und LKW sind die Projektziele insbesondere auch relevant für den Einsatz von Service Robotern, bei denen die Sensoren sich nicht relativ langsam in einer Ebene bewegen. Dies ist z.B. bei humanoiden oder mehrbeinigen Laufrobotern der Fall sowie generell beim Einsatz von Robotern in unebenem Terrain. Ergebnisse in dem vorgeschlagenen Arbeitsgebiet können über den Bereich der Schifffahrt hinaus dazu beitragen, den Stand der Forschung im Bereich autonomer Systeme zu erweitern.

Prof. Dr. Johannes Reuter

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: jreuter@htwg-konstanz.de

OPTISCHE MESSVERFAHREN ZUR GESCHWINDIGKEITS-BESTIMMUNG UND REGELUNG VON SUBSTRATEN

Bei einer Reihe von industriellen Bearbeitungsvorgängen ist die präzise Kenntnis der aktuellen Position von bewegten Objekten relativ zu einem Aktuator eine fundamentale Forderung. Die Notwendigkeit einer hochgenauen Positionsinformation wird beispielsweise beim Farbdruk sofort verständlich, da bei diesem Verfahren ein einzelner farbiger Bildpunkt durch mehrere, in Bewegungsrichtung des zu bedruckenden Substrates, hintereinander aufgetragene Grundfarbpunkte gebildet wird. Die geforderten Genauigkeiten liegen in der Regel im Bereich weniger n Meter, bei einer Substrat-Geschwindigkeit von einigen Metern pro Sekunde. Ein anderes Beispiel ist der Vorgang der Magnetkodierung, bei dem entsprechend der Position der Magnetkarte ein geeignetes Feld am Schreibkopf generiert werden muss, um die



ENSURING THE FLOW.


GIVE YOUR BEST. GET THE BEST.

Ensuring the Flow bedeutet nichts anderes, als den Fluss des Stroms in Netzen und Anlagen sicherzustellen. Weltweit und mit der weltweit führenden Prüf- und Messtechnik. The Flow heißt aber auch konzentriert zu sein, mit Freude Höchstleistungen zu erbringen, weil der Job und die Ziele, die Anerkennung und die Wertschätzung in höchstem Maße motivieren. Werden Sie Teil davon.

Give your best. Get the best.

BAUR Prüf- und Messtechnik GmbH ·
Raiffeisenstraße 8 · A 6832 Sulz · headoffice@baur.at

www.baur.at



**Aus Ideen
Werte schaffen**

Ein entscheidender Schritt für Ihren Erfolg:

Erfindungs- und Patentmanagement

Unsere erfahrenen Spezialisten entwickeln maßgeschneiderte Lösungen für Ihre Erfindung:

- Beratung zum Erfindungs- und Patentmanagement
- Bewertung des Anwendungs- und Marktpotenzials Ihrer Erfindung
- Organisation des gesamten Patentierungsprozesses
- Wirtschaftliche Vewertung Ihrer Patente durch Lizenzierung und Verkauf weltweit

Profitieren Sie von unserer Erfahrung.
Rufen Sie uns an: 0721 79004-18



www.tlb.de

Technologie-Lizenz-Büro
der Baden-Württembergischen Hochschulen GmbH

gewünschten Daten aufzubringen. Auch hier liegen die Anforderungen bzgl. der Genauigkeit des aufgebrachten Musters im Hundertstel-Millimeter-Bereich, bei Transportgeschwindigkeiten der Karten bis zu 2 Meter pro Sekunde. Aus der gemessenen bzw. geschätzten Position leiten sich direkt die Steuersignale zum Aktivieren der Druckkopf-Düsen oder zur Generierung der Schreibströme beim Magnetkodier-vorgang ab, so dass die Genauigkeit der Positionsschätzung direkt die Güte des Bearbeitungsvorgangs maßgeblich mitbestimmt. Da die unmittelbare Positionsbestimmung, z.B. durch spezielle optische Sensorik aus Kostengründen bis heute nur in Einzelfällen möglich ist, wird in der Regel die Position mittelbar aus geometrischen Parametern und einer gemessenen Geschwindigkeit des Antriebssystems geschätzt. Die mögliche Genauigkeit der Schätzung unterliegt bei dieser Vorgehensweise Einschränkungen, z.B. wenn das Transportmedium elastisch bzw. das Substrat selbst nicht steif ist oder insbesondere dann, wenn Schlupf zwischen Transportmedium und Substrat auftritt. Die dabei entstehenden Effekte sind äußerst komplex und wegen ihrer vom systemdynamischen Standpunkt chaotischen Natur äußerst schwierig vorhersagbar. Hierdurch begründet unterliegt der heutzutage erzielbare Produktdurchsatz Beschränkungen und es ergibt sich der Wunsch, durch eine unmittelbare, hochgenaue Positionsmessung diese Limitierungen zu überwinden. Das Projekt zielt darauf ab, zur Lösung der beschriebenen Problematik kommerziell verfügbare, sehr preiswerte optische Sensorik zur direkten Positionsbestimmung von lückend und kontinuierlich einlaufenden Substraten sowie eine mög-

liche Fusion von unmittelbaren und mittelbaren Messdaten zu untersuchen. Das am Projekt beteiligte KMU plant darüber hinaus, mit der Entwicklung eines speziellen optischen Sensors für diesen Aufgabenbereich zu beginnen. Weiter sollen darauf aufbauende Regelungsverfahren zur Positionsregelung der Aktuatoren und zur Erzeugung der Steuersignale entwickelt werden.

Prof. Dr. Johannes Reuter

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: jreuter@htwg-konstanz.de

SOFT-LANDING-REGELUNG SCHNELL SCHALTENDER AKTUATOREN

Schnell schaltende Aktuatoren, z. B. ausgeführt als hydraulische Ventile mit typischen Schaltzeiten kleiner als 2 Millisekunden, erschließen neue Anwendungen im Bereich der hydraulischen Antriebstechnik. Verwendung finden sie zum Beispiel in digital gesteuerten hydraulischen Konvertern oder in der Turbinentechnik zur Erzeugung geregelter Einspritzverläufe, um Resonanzen zu unterdrücken. Ein weiteres Einsatzfeld schnell schaltender Aktuatoren ist der Automobilbereich, wo für neue Brennverfahren zur Emissionsminderung und Kraftstoffersparnis flexible Ventilöffnungszeiten mit Hilfenockenwellenlos gesteuerter Einlass- und Auslassventile erforderlich sind. Aus antriebstechnischer Sicht gibt es im Wesentlichen zwei Schwierigkeiten beim Betreiben derartiger Aktuatoren: Die erforderliche, sehr hohe Beschleunigung des Ventilkolbens kann bei elektromagnetischen Aktuatoren nur durch Betreiben des Solenoids mit hohen Spannungen, üblicherweise größer als 100 Volt, und entsprechend hohen Strömen erreicht werden, was mit hohen Impulsen elektrischer Leistung, üblicherweise mehrerer Kilowatt über wenige Millisekunden, verbunden ist. Eine weitere gravierende Schwierigkeit besteht in der Handhabung der hohen erforderlichen Ventilkolbengeschwindigkeit, welche beim Aufprall des Kolbens auf den Ventilsitz eine entsprechend hohe Kraftwirkung ausübt. Dies führt sowohl zu erheblicher Materialbeanspruchung als auch zu erhöhten, teils unakzeptablen Geräuschemissionen. Diese Problematik ist bis heute nicht zufriedenstellend gelöst und eine Reihe von industriellen Anwendern derartiger Aktuatoren, z.B. aus dem Automobil- und Turbinenbereich, können die Potenziale ihrer Produkte mangels verfügbarer kommerzieller Lösungen im Aktuatorenbereich nicht in vollem, ansonsten technisch möglichem Umfang ausschöpfen. Um diesen Problemen zu begegnen, werden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt: (1) Die sensorlose Ermittlung der Kolbenposition und Geschwindigkeit soll unter expliziter Ausnutzung des Dual-Spulen-Konzeptes mit Hilfe einer neu zu entwickelnden Beobachterstrategie ermöglicht werden. (2) Für die kontrollierte Bewegung des Stößels soll mit Hilfe des Beobachters eine Trajektorienfolgeregelung entworfen werden, die es ermöglicht, insbesondere die Aufprallgeschwindigkeit des Kolbens signifikant zu vermindern.

Prof. Dr. Johannes Reuter

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: jreuter@htwg-konstanz.de

BRENNSTOFFZELLENSCHIFF SOLGENIA MIT DREHSTROM-ANTRIEB

Ein Schiff mit optimiertem Rumpf wird mit Brennstoffzelle (BZ), H₂-Speicher, PV-Generator und Batterie ausgerüstet. Die Ergänzung der PV durch den regelbaren Energiewandler BZ benötigt eine optimierte Betriebsführung (Energiemanagement) und gestattet damit hundertprozentig sichere Energieversorgung. Eine Funkverbindung zu einem Server an Land erlaubt die Beobachtung und die Beeinflussung der Anlage sowie die Kopplung mit dem Internet. Die Forschungsthemen umfassen unter anderem: Untersuchung und Anpassung der BZ-Technologie an Wasserfahrzeugen, Optimierung des Energiemanagements („predictive control“), Funkanbindung, Langzeiterprobung, den Vergleich mit Landfahrzeugen. Ergänzend wird hierbei das Planungswerkzeug MODES zur technischen und wirtschaftlichen Simulation integrierter Energiesysteme (Strom und Wärme) eingesetzt.

Prof. Dr. Richard Leiner; Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin

Tel.: +49 (0)7531 206-244

E-Mail: leiner@htwg-konstanz.de

HOCHSPANNUNGSPRÜFUNGEN AN SYSTEMEN UND KOMPONENTEN DER ELEKTRISCHEN ENERGIETECHNIK

Das Projekt befasst sich mit der Ermittlung von Durchschlagsspannungen bei Wechselspannung und Blitzstoßspannung sowie der Anwendung zerstörungsfreier Diagnostik.

Prof. Dr. Gunter Voigt

Tel.: +49 (0)7531 206-112

E-Mail: gvoigt@htwg-konstanz.de

FAKULTÄT INFORMATIK

OUTDOORNAVIGATION MIT DIFFERENTIELLEM GPS

In zunehmendem Maße werden Transport-, Überwachungs- und Serviceanwendungen für den Outdoor-Bereich als autonome Systeme realisiert. Wichtige Voraussetzung ist hierbei eine robuste, genaue, einfache und kostengünstige Lokalisierungskomponente. Mit GPS ist eine satellitengestützte Positionierung möglich, die zwar einfach und kostengünstig sein kann, aber für viele autonome Anwendungen nicht genau genug ist. Daher soll in diesem Projekt mit Low-Cost GPS-Empfänger ein differentielles GPS aufgebaut werden, das eine Genauigkeit im dm-Bereich zulässt. Die Verfügbarkeit und Genauigkeit sollen durch die Integration weiterer Bewegungssensoren verbessert werden.

Prof. Dr. Oliver Bittel

Tel.: +49 (0)7531 206-626

E-Mail: bittel@htwg-konstanz.de

MODELLGETRIEBENE ENTWICKLUNG VON MODELLIERUNGSTOOLS

Die Softwarebranche unterliegt, wie jeder andere Industriezweig, dem Druck, laufend die Produktivität zu erhöhen. Große Hoffnungen werden dabei auf die automatische Erzeugung von Software aus Modellen gelegt, dem sogenannten Modell Driven Software Development (MDSD). Derzeit wird meist auf Standardmodellierungswerkzeuge wie etwa UML-Tools zurückgegriffen. Es zeigt sich aber, dass die Standards zwar eine gute Grundlage zur Kommunikation von Mensch zu Mensch durch Graphiken bieten, aber für die Erzeugung von Code in den meisten Fällen zu weit von den Anforderungen einer Domäne entfernt sind. Daher ist es wünschenswert, für eine spezielle Domäne jeweils spezielle Modellierungssprachen und -Tools zu erzeugen. Dies ist heutzutage allerdings prohibitiv teuer. Das Ziel dieser Forschungsarbeit besteht darin, die Entwicklung von Modellierungswerkzeugen so zu beschleunigen, dass der Ansatz der modellgetriebenen Softwareentwicklung sich wirtschaftlich rentiert. Zur Erreichung dieses Ziels steht die Firma Gentleware zur Verfügung, die über ein Jahrzehnt Erfahrung in der Entwicklung von Modellierungswerkzeugen einbringt.

Prof. Dr. Oliver Eck

Tel.: +49 (0)7531 206-630

E-Mail: eck@htwg-konstanz.de

AUTOMATISCHE INSPEKTION VON KÜCHENMÖBELFRONTEN

Die Kunden von hochwertigen Küchenmöbeln stellen höchste Qualitätsanforderungen an das Produkt. Bisher gibt es weltweit kein Inspektionssystem, das in der Lage ist, diese komplexen Anforderungen zu erfüllen. Bekannt ist ein System zur Inspektion von Korpusteilen, nun sollen auch Lösungen für die Inspektion von Möbelfronten entwickelt werden. Dazu werden Algorithmen für kontrastarme Defekte entwickelt und optimiert, wie beispielweise Hitzeschlieren, Schmauchstellen, Wolkigkeit etc. Außerdem werden Algorithmen zur Detektion von Dekorfehlern, wie z.B. lokalen Varianzanalyse, analysiert und optimiert.

Prof. Dr. Matthias Franz

Tel.: +49 (0)7531 206-651

E-Mail: mfranz@htwg-konstanz.de

BILDERKENNUNG, AUTOMATION UND KOMMUNIKATION

Das Forschungsziel des Labors ist die weitgehende Automatisierung des Designprozesses für künstliche Sehsysteme. Neben den offensichtlichen Vorteilen eines automatisierten Designprozesses liefert dieser Ansatz auch die Grundlagen für den Bau von adaptiven Sehsystemen, die sich an wechselnde Eigenschaften des visuellen Inputs anpassen können (z.B. bei wechselnden Wetter- und Sichtbedingungen). Dementsprechend befasst sich das Projekt mit dem Aufbau einer Infrastruktur für rechenintensive Aufgabenstellungen, insbesondere im Bereich maschinelles Lernen und Bildverarbeitung, und eines Labors zur Vermessung und Kalibrierung von Bildsensoren. Die geforderte Rechenleistung wird über ein Clustersystem realisiert, das im Endzu-



stand 96 Prozessoren umfassen soll. Damit lassen sich rechenintensive Aufgaben wie z.B. das Training von statistischen Klassifikatoren und die Verarbeitung einer großen Menge von Bildern bearbeiten. Die Laborausüstung umfasst eine gekühlte hochauflösende Messkamera zusammen mit einem elektrisch ansteuerbaren Farbfilter, mit dem sich Oberflächen und Szenen multispektral aufnehmen lassen, und einen Messplatz zur Kalibrierung und Vermessung von Kameras und anderen optischen Systemen. Hinzu kommen Kameras für industrielle Projekte und zur Aufnahme von kalibrierten Bilddatenbanken sowie spezielle kalibrierte Farbmonitore zur Farbinspektion.

Prof. Dr. Matthias Franz

Tel.: +49 (0)7531 206-651

E-Mail: mfranz@htwg-konstanz.de

DETEKTION VON STEGANOGRAPHIE IN BILDERN MIT STATISTISCHEN METHODEN

Steganographie ist die Kunst der verborgenen Speicherung oder Übermittlung von Informationen. In Sicherheitskreisen wird vermutet, dass sich sowohl terroristische Organisationen als auch die organisierte Kriminalität dieser Technologie bedienen, um über harmlos erscheinende digitale Bilder unentdeckt zu kommunizieren oder in Bildern kritische Informationen unauffällig zu speichern. Die Sicherheitsbehörden stehen hier vor einem Problem, denn die heute verfügbaren Verfahren zur Detektion von Steganographie können in Bildern nur die Spuren einer Reihe von älteren Steganographieprogrammen entdecken. Allgemeinere Systeme zur Detektion von Bildmanipulationen mit unbekannten Steganographieprogrammen (universale Steganalysatoren) wurden bereits in der Literatur beschrieben, sind aber im Vergleich noch relativ unempfindlich. Aus Sicht der Ermittler in den Sicherheitsbehörden kommt erschwerend hinzu, dass für beide Ansätze nur Verfahren bekannt sind, deren Anwendung tiefgehende Spezialkenntnisse in Bildverarbeitung und Statistik erfordern. Die Ziele des Projekts sind (1) die Entwicklung von neuen, wirkungsvolleren Methoden zur Detektion von steganographischen Manipulationen an Bildern, insbesondere solchen Detektionsverfahren, bei denen die Methode der steganographischen Manipulation nicht im Voraus bekannt sein muss; (2) Bereitstellung eines einfach zu bedienenden Programmpakets, mit dem Ermittlungsbeamte steganographische Manipulationen an Bildern erkennen können. Zur Detektion von Steganographie ohne vorherige Kenntnis der Art der Manipulation muss Vorwissen über die statistischen Eigenschaften von unmanipulierten Bildern bereitgestellt werden. Dies geschieht durch statistische Bildmodelle, bei denen aus einer großen Datenbank von unmanipulierten Bildern bestimmte statistische Parameter extrahiert werden, anhand derer sich die typischen Eigenschaften von unmanipulierten Bildern beschreiben lassen. Wird nun eine signifikante Abweichung in diesen Parametern registriert, so liegt der Verdacht auf eine steganographische Manipulation vor. Mit einem kürzlich entwickelten Ansatz des Antragsstellers sind nun neuartige Bildmodelle mit einer kontrollierbaren Nichtlinearität möglich, die eine erheblich größere Aussagekraft besitzen. Diese

Modelle sollen an großen Bilddatenbanken trainiert und im Vergleich mit anderen Modellansätzen evaluiert werden. Die Umsetzung in ein direkt einsetzbares System erfordert zusätzlich die Entwicklung von effizienten Verfahren zur Merkmalsextraktion und Klassifikation.

Prof. Dr. Matthias Franz

Tel.: +49 (0)7531 206-651

E-Mail: mfranz@htwg-konstanz.de

ALGORITHMEN ZUR FREISPRECH-MESSTECHNIK AUF EINER DSP-PLATTFORM

Thema des Projekts ist ein DSP-System, das den Messaufwand zur Ermittlung der Qualität einer Freisprecheinrichtung in Kraftfahrzeugen erheblich reduziert.

Prof. Dr. Jürgen Freudenberger

Tel.: +49 (0)7531 206-647

E-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

CODIERUNGSVERFAHREN ZUR STEGANOGRAPHIE

Steganographie ist der Überbegriff für Verfahren zum Einbetten verborgener Informationen in Bilder oder Audio-Dateien. Die verborgenen Informationen dienen z.B. als Urheberrechtsschutz (Stichwort: digitale Wasserzeichen). In diesem Vorhaben sollen spezielle Verfahren für die Steganographie bei Sprachdaten entwickelt werden. Ziel ist dabei die Einbettung von Parametern zur Sprachcodierung in Sprachdaten, wie sie z.B. über das herkömmliche Telefonnetz übertragen werden. Mit den detektierten Parametern kann die Qualität der übertragenen Sprache auf der Empfangsseite deutlich verbessert werden. Durch das Einbetten der Information in die herkömmlichen Sprachdaten kann dies ohne Einfluss auf bestehende Netze und Endgeräte geschehen.

Die Verfahren der Steganographie benötigen Methoden aus dem Bereich der Kanalcodierung. Eine zu versteckende Nachricht wird beispielsweise durch Verwendung von speziellen Spreizcodes in das Audiosignal encodiert, so dass die Veränderung für den Menschen nicht wahrnehmbar ist. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung geeigneter Spreizcodes für geringe Datenraten zur Einbettung der versteckten Nachricht. Diese Codes müssen robust gegen Fehler sein, die bei der Übertragung von Sprachdaten auftreten. Dies soll im Rahmen einer zweijährigen Untersuchung an der HTWG Konstanz durchgeführt werden. Dabei geht es vor allem darum, neue Wege zu finden, um die mathematischen und physikalischen Methoden aus dem Bereich der Zahlentheorie und Gruppentheorie zu kombinieren und neue Abbildungsvorschriften für die Codierung zu entwickeln.

Prof. Dr. Jürgen Freudenberger

Tel.: +49 (0)7531 206-647

E-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

MIKROFON-DIVERSITÄTSVERFAHREN ZUR VERBESSERUNG DER SPRACHERKENNUNG IN SPRACHBEDIENSYSTEMEN

Bei der automatischen Spracherkennung werden unter akustisch günstigen Bedingungen bereits hervorragende Erkennungsraten er-

zielt. Umweltgeräusche wie Fahrgeräusche im Auto oder Windgeräusche im Freien beeinträchtigen die Erkennungsleistung allerdings erheblich. Daher werden in Sprachbediensystemen für das Kfz oder für tragbare Computer Geräuschunterdrückungsverfahren eingesetzt. Solche Verfahren werden auch in Telefonfreisprecheinrichtungen und Hörgeräten benötigt. Im Bereich der tragbaren Computer werden üblicherweise Geräuschunterdrückungsverfahren verwendet, die mit nur einem Mikrofon auskommen. Diese einkanaligen Verfahren können jedoch instationäre Störungen, z.B. durch andere Sprecher, die die Erkennungsleistung besonders beeinträchtigen, nicht wirkungsvoll unterdrücken. Im Automobil sind Mikrofonarrays mit zwei bis vier Arrays im Einsatz. Solche Beamformer-Anordnungen sind jedoch für den Einsatz mit tragbaren Geräten oder Headsets ungeeignet. Aber auch beim Einsatz im PKW stellen Beamformer noch keine optimale Lösung zur Geräuschreduktion dar. So ist zum Beispiel die erzielbare Störgeräuschunterdrückung stark von der Sitzposition und damit von der Sprechergröße abhängig. Selbst adaptive Mikrofonarrays sind in ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkt, weil das Array in der Regel konzentriert an einer Position eingebaut ist, die wiederum nicht für alle Sitzpositionen optimal ist. Störungen aus der Richtung des Nutzsignals, z.B. durch Insassen auf der Rückbank, können mit einer üblichen Array-Anordnung nicht unterdrückt werden. Ziel des Forschungsprojektes ist es, den Einfluss von Umweltgeräuschen auf Freisprecheinrichtungen und auf die Spracherkennung zu reduzieren. Hierbei steht die Anwendung in eingebetteten Systemen im Vordergrund. Insbesondere soll die Geräuschunterdrückung in Sprachbediensystemen und in Freisprecheinrichtungen im Auto und in tragbaren Computern zum Einsatz kommen. Das entsprechende Geräuschunterdrückungsverfahren muss sich daher durch eine geringe Komplexität auszeichnen. Dennoch muss es in sehr unterschiedlichen Geräuschkulissen einsetzbar sein. Als Lösung wird ein Mikrofon-Diversitätsverfahren untersucht. Dabei werden mindestens zwei Mikrofone so positioniert, dass sie möglichst unterschiedliche Störungen erfahren. So kann zum Beispiel beim Einsatz eines Headsets ein Mikrofon auf jeder Kopfseite positioniert werden. Das Signal für die Spracherkennung wird durch geeignete Kombination der Mikrofon-signale gewonnen. Die Kombination wird im Frequenzbereich durchgeführt. Falls ein Frequenz-Zeit-Punkt eines der Mikrofon-signale stärker gestört ist als der des anderen, wird der bessere Kanal ausgewählt. Sind beide Kanäle ähnlich stark gestört, wird die Information beider Kanäle benutzt, um eine optimale Geräuschunterdrückung zu erreichen.

Prof. Dr. Jürgen Freudenberger

Tel.: +49 (0)7531 206-647

E-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

UMSTELLUNG EINES MESSSYSTEMS ZUR VALIDIERUNG VON INNENRAUMKOMMUNIKATION IM PKW

Ziel dieses Projekts ist es, eine vorhandene DSP-Software zur Echtzeitsimulation der Fahrzeugakustik auf ein DSP-Board zu portieren. Dabei handelt sich um eine Standard-Hardware, die eine kostengüns-

tige Vervielfältigung des Systems erlaubt. Die Portierung umfasst die Entwicklung der notwendigen Treiber auf dem DSP-System und die Umstellung der Kommunikation zwischen Steuerungs-PC und DSP auf USB. Die PC-Applikation wird entsprechend angepasst, so dass der heutige Funktionsstand mit der neuen DSP-Hardware hergestellt wird. Darüber hinaus soll die DSP-Software erweitert werden. Ziel wäre die Partitionierung der zur Simulation notwendigen Faltung und teilweise Berechnung im Frequenzbereich. Dadurch soll die Kanalzahl von derzeit vier auf sechs erweitert werden.

Prof. Dr. Jürgen Freudenberger

Tel.: +49 (0)7531 206-647

E-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

VERFAHREN ZUR SIGNALKOMBINATION VERTEILTER MIKROFONE

In vielen Anwendungen, wie beim Telefonieren mit Freisprecheinrichtungen oder bei der Sprachbedienung in Fahrzeugen werden die durch Mikrofone aufgenommenen Sprachsignale durch Geräusche und Raumhall überlagert. Diese Überlagerungen werden in der Regel als sehr störend empfunden, verschlechtern die Sprachqualität und Verständlichkeit. Daher werden schon heute vielfach mehrkanalige Verfahren zur Unterdrückung dieser Störungen eingesetzt. Die Mikrofone sind dabei in der Regel in sogenannten Beamformer-Arrays in relativ geringem Abstand angebracht. Durch eine Vergrößerung des Mikrofonabstands kann die Leistungsfähigkeit der Geräusch- und Hallunterdrückung erheblich gesteigert werden. Jedoch erschwert sich dadurch auch die Kombination der Mikrofon-signale. Im Bereich der Nachrichtenübertragung werden zur Kombination von Antennensignalen häufig Verfahren zum Diversity-Combining genutzt. Durch eigene Arbeiten zur mehrkanaligen Geräuschreduktion konnte gezeigt werden, dass sich Diversity-Combining auch gewinnbringend auf Sprachsignale anwenden lässt. Dabei werden gerade die unterschiedlichen Signalbedingungen ausgenutzt. Ziel dieses Vorhabens ist die Verallgemeinerung und Erweiterung der Diversity-Verfahren auf andere Anwendungsfelder. Es sollen Verfahren entwickelt werden, die ein oder mehrere gewünschte Sprachsignale aus den Mikrofon-signalen einer verteilten Mikrofonanordnung extrahieren. Dabei sind die Mikrofon-signale durch Raumhall und Geräusche gestört. Anwendungsfälle sind beispielsweise das Freisprechen in Fahrzeugen oder mit Telefonkonferenzsystemen und Hörgeräte.

Prof. Dr. Jürgen Freudenberger

Tel.: +49 (0)7531 206-647

E-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

WIDEBAND-SPRACHÜBERTRAGUNG ZUR VERBESSERUNG DER SPRACHQUALITÄT IN FREISPRECH-EINRICHTUNGEN

Mobilfunknetze werden in naher Zukunft eine Sprachübertragung mit hoher Bandbreite anbieten. Bei dieser sogenannten Wideband-Sprachübertragung wird das Frequenzband für die übertragenen Sprachsignale von bisher 300 Hz bis 3,4 kHz auf 50 Hz bis 7 kHz erwei-

tert. Die neue Technologie bietet dabei eine deutlich höhere Sprachqualität und Verständlichkeit. Ziel des geplanten Projekts ist es, die verbesserte Sprachübertragung durch die erweiterte Bandbreite für Freisprechsysteme im Fahrzeug nutzbar zu machen.

Prof. Dr. Jürgen Freudenberger

Tel.: +49 (0)7531 206-647

E-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

BERECHNUNGSVERFAHREN MIT VERIFIKATION FÜR FESTIGKEITS- UND STABILITÄTSUNTERSUCHUNGEN VON STABWERKEN

Im Projekt sollen die folgende Fragestellungen bearbeitet werden: 1. Risikostudien an vorhandenen Bauwerken: Bei der nachträglichen Tragwerksuntersuchung von Bauwerken sind Materialparameter und geometrische Werte nur in gewissen Schwankungsbereichen bekannt. Mit Hilfe der Intervallrechnung können diese Bereiche in der Rechnung berücksichtigt werden. Die so erhaltenen Ergebnisintervalle vermitteln dem Ingenieur eine klare Vorstellung von Tragverhalten und den vorhandenen Sicherheitsreserven. 2. Qualitätssicherung der numerischen Ergebnisse durch konsequente Erfassung von Rundungs- und Diskretisierungsfehlern bei Anwendung der Finite-Element-Methode: In der Regel geht man davon aus, dass die Rundungsfehler sich nur unwesentlich auf die Ergebnisse der Berechnungen auswirken. Das Gleiche gilt für den Diskretisierungsfehler, mit dem die näherungsweise Darstellung von Steifigkeitsmatrizen von Stäben nach der Theorie II-ter Ordnung behaftet ist. Allerdings können die Rundungsfehler, insbesondere bei schlecht konditionierten linearen Gleichungssystemen, wie sie infolge großer Steifigkeitsunterschiede im System auftreten können, zu signifikanten Fehlern führen. Häufig ist auch bei sehr unterschiedlichen Größenverhältnissen die Wirkung des Diskretisierungsfehlers nicht vernachlässigbar. Mit Hilfe der Intervallrechnung sollen nicht nur die Rundungs-, sondern auch die Diskretisierungsfehler unter Kontrolle gebracht und damit die Berechnungsergebnisse auch wirklich garantiert werden. Letztendlich wird damit das Risiko von Bauschäden oder gar eines Versagens des Tragwerks verringert.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff

Tel.: +49 (0)7531 206-627

E-Mail: garloff@htwg-konstanz.de, werkle@htwg-konstanz.de

REVERSE ENGINEERING BESTEHENDER SOFTWARE FÜR DIE MODELLGETRIEBENE ENTWICKLUNG

Ziel der modellgetriebenen Software-Entwicklung (Model Driven Software Development, MDSD) ist es, fachliche Aspekte eines Software-Systems nicht direkt zu kodieren, sondern mit Hilfe von Modellierungssprachen formal zu beschreiben und daraus lauffähigen Code durch Transformatoren zu generieren. Von der dadurch gewonnenen höheren Abstraktion und Plattformunabhängigkeit verspricht man sich eine höhere Code-Qualität, automatische Konsistenz zwischen Modell und Code sowie eine größere Wiederverwendbarkeit. Derzeit fokussiert man sich im Wesentlichen auf das Forward Engineering, d.h. das Erstellen von neuem Code. Wie bereits existierender Code

in einen MDSD-Entwicklungsprozess integriert werden kann, wird kaum betrachtet. Für die industrielle Akzeptanz einer neuen Technologie sind jedoch die Integration bestehender Systeme und das Aufweisen „sanfter Migrationspfade“ wesentliche Grundvoraussetzungen. In diesem Projekt soll deshalb ein Vorgehen erarbeitet werden, bei dem der bestehende Code in einem iterativen Prozess in eine MDSD-geeignete Form überführt wird. Ein erster Schritt soll eine saubere Trennung von generierten und manuellen Artefakten erreichen, so dass in weiteren Schritten die manuellen Anteile nach und nach auf die Modellebene gehoben werden können. Um die industrielle Anwendung des Verfahrens im laufenden Prozess zu erlauben, soll in jedem Schritt die Lauffähigkeit des Gesamtsystems erhalten bleiben.

Prof. Dr. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch

Tel.: +49 (0)7531 206-720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de, waesch@htwg-konstanz.de

SKYAPPS

Ziel des Vorhabens ist es, Softwaretools zur Unterstützung kollaborativen Arbeitens auf Basis der Skype®-Kommunikationssoftware zu entwickeln. Skype® ist eine proprietäre VoIP-Software, die auch die Eigenschaft der Versendung von Dateien oder des Instant-Messaging hat. Über API ist es externen Programmen möglich, auf die Funktionalität von Skype® zurückzugreifen. SkyApps beinhaltet im Augenblick folgende Software: SkyCollab: SkyCollab ist eine Software zur Synchronisation von Daten zwischen Gruppen von Skype®-Benutzern. SkyGroups: Mit der SkyGroups Anwendung können gemeinsame Gruppen (Shared Groups) zwischen Skype®-Benutzern gebildet und synchronisiert werden. SkyGui: SkyGui ist eine C# Komponente, die es Entwicklern einfach macht, Skype®-konforme Anwendungen zu entwickeln.

Prof. Dr.-Ing. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch

Tel.: +49 (0)7531 206-720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de, waesch@htwg-konstanz.de

SKYCOLLAB

Die Kooperationspartner arbeiten auf dem Gebiet kollaborativer Software/Groupware zusammen. Kollaborative Software ist eine Software zur Unterstützung der Zusammenarbeit einer Gruppe, vorzugsweise über das Internet. Ziel des Vorhabens ist es, ein Softwaretool zur Unterstützung kollaborativen Arbeitens auf Basis der Skype-Kommunikationssoftware zu entwickeln. Skype ist eine proprietäre VoIP-Software, die auch die Eigenschaft der Versendung von Dateien oder des Instant-Messaging hat. Über API ist es externen Programmen möglich, auf die Funktionalität von Skype zurückzugreifen.

Prof. Dr.-Ing. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch

Tel.: +49 (0)7531 206-720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de, waesch@htwg-konstanz.de

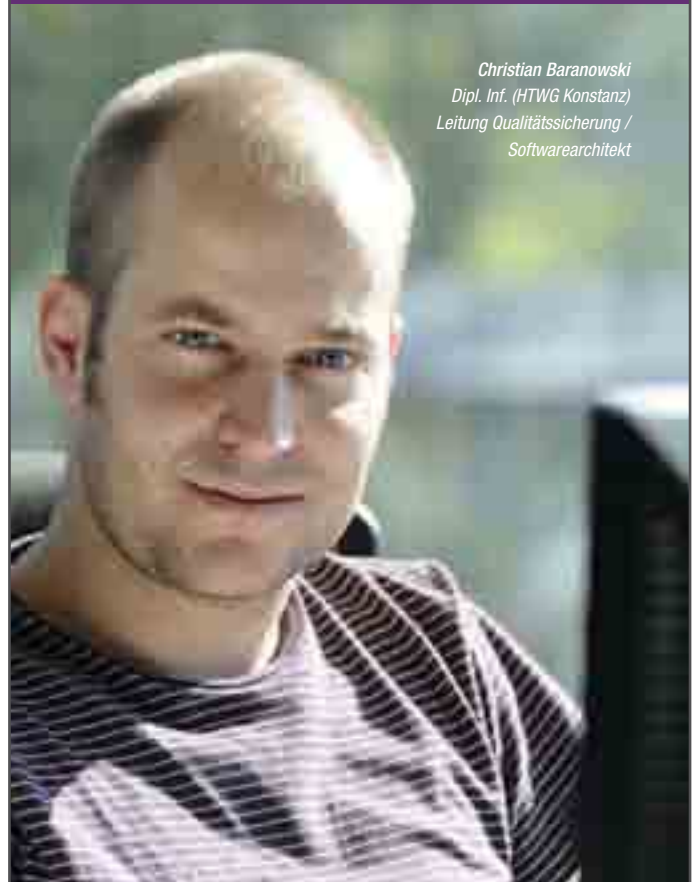
TRANSPARENTE INTEGRATION VON NAT-TRAVERSIERUNGSTECHNIKEN IN JAVA RMI

Java Remote Method Invocation (RMI) ist eine Technologie zum Entwickeln verteilter Anwendungen, die es erlaubt, für die Kommunikation über Prozess- und Rechengrenzen hinweg das objektorientierte Paradigma des Methodenaufrufs zu verwenden. Java RMI scheitert jedoch immer dann, wenn auf dem Weg zwischen Client (Sender) und Server (Empfänger) eine oder mehrere Network-Address-Translation-Einheiten, kurz NAT-Box, liegen. Für den privaten Endnutzer und zwischen verschiedenen Firmennetzen ist das praktisch immer der Fall. Die Aufgabe einer NAT-Box besteht darin, die innerhalb einer administrativen Domäne gültigen internen Adressen auf von außen sichtbare externe Adressen abzubilden. Das hat zum einen den Hintergrund, dass es nicht genügend IPv4-Adressen gibt, um jedes Endgerät mit einer eigenen externen Adresse auszustatten, und zum anderen Sicherheitsgründe, z. B. weil mit NAT die interne Topologie eines Netzes nach außen hin verborgen werden kann. Java RMI wird deshalb heute fast ausschließlich für Anwendungen verwendet, die nur innerhalb eines einzelnen Firmennetzes verteilt sind, nicht aber für hochverteilte Anwendungen, wie z.B. Peer-To-Peer-Anwendungen für Audio- und Videokonferenzsysteme oder zur verteilten Datenspeicherung und -bereitstellung. Im Bereich der Peer-To-Peer-Anwendungen wurden in jüngerer Zeit Techniken entwickelt, die in der Lage sind, verschiedene Arten von NAT-Boxen zu überwinden. Zu nennen sind hier etwa das UDP- und TCP-Hole-Punching, das Relaying mit Hilfe von TURN-Servern und die Umkehrung des Verbindungsaufbaus. Ziel des beantragten Projekts ist es, eine Kombination aller zur Verfügung stehenden NAT-Traversierungstechniken so in Java RMI einzubauen, dass situationsabhängig die jeweils bestmögliche Konnektivität zwischen Client und Server erreicht wird. Die intelligente Steuerung des Verbindungsaufbaus soll keine Konfiguration durch den Benutzer erfordern. Die zu entwickelnde Erweiterung von Java RMI soll transparent in der Nutzung sein und möglichst keine zentralen Server erfordern. Benötigte Koordinierungsfunktionalität soll nach Möglichkeit mit Hilfe bereits existierender Peer-To-Peer-Infrastrukturen realisiert werden. Ein wichtiger Aspekt, der bei Verteilung über administrative Domänen hinweg berücksichtigt werden muss, ist Sicherheit. Genannt sei hier beispielhaft der Schutz vor unautorisiertem Zugriff, gegen Man-in-the-Middle- und gegen Denial-of-Service-Angriffen. Die erwarteten Projektergebnisse können auch für andere Verteilungstechnologien interessant sein. Es ist deshalb geplant zu untersuchen, ob und gegebenenfalls wie sich die entwickelte Technologie in das Microsoft-Net-Framework, in die Web-Service-Technologie oder eventuell direkt in TCP-Sockets integrieren lässt.

Prof. Dr. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch

Tel.: +49 (0)7531 206-720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de, waesch@htwg-konstanz.de



*Christian Baranowski
Dipl. Inf. (HTWG Konstanz)
Leitung Qualitätssicherung /
Softwarearchitekt*

Nach seinem Abschluss als Diplom-Informatiker an der HTWG Konstanz kam Christian Baranowski 2007 zu SEITENBAU. Als Leiter der QS-Abteilung und Software-Architekt arbeitet er in einem innovativen Umfeld mit agilen Methoden an Software-Lösungen für Kunden wie die Telekom AG, das Bundeskanzleramt und den Deutschen Bundestag. Zusätzlich dazu ist er für SEITENBAU beim OSGi User's Forum Germany aktiv.

Wir suchen immer wieder Mitarbeiter zur Verstärkung unseres Teams am Standort Konstanz. Die entsprechenden Jobangebote schreiben wir auf unserer Website sowie unserem Facebook-Firmenprofil aus. Und natürlich können Sie sich auch ohne konkret ausgeschriebenes Jobangebot bei uns mit einer Initiativbewerbung melden.

Schicken Sie Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen einfach an: jobs@seitenbau.com

www.seitenbau.com
www.facebook.com/seitenbau

VERWENDUNG VON PEER-TO-PEER-TECHNOLOGIEN FÜR EINE JAVA RMI REGISTRY

Die Java RMI Kommunikationstechnologie verwendet sogenannte Registries, mit Hilfe derer Kommunikationspartner sich finden können. Diese Registries stellen Single-Points-of-Failure da, bei deren Ausfall keine neuen Verbindungen zustande kommen können. Um dies zu vermeiden, sollen stattdessen existierende Peer-To-Peer-Infrastrukturen verwendet werden, um dieselbe Funktionalität verteilt und damit ausfallsicher zu realisieren.

Prof. Dr. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch

Tel.: +49 (0)7531 206-720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de, waesch@htwg-konstanz.de

ENTWICKLUNG UND EVALUATION VON METHODEN ZUR IDENTIFIZIERUNG, BEWERTUNG UND STEUERUNG VON SCHATTEN-IT

Die meisten Unternehmen verfügen neben der offiziellen und vom IT-Bereich entwickelten und unterhaltenen IT-Infrastruktur noch über eine Vielzahl an Systemen und Prozessen, die in den Fachabteilungen mit IT-Mitarbeitern entwickelt, betrieben und gewartet werden beziehungsweise angesiedelt sind. Dies erfolgt in der Regel ohne Wissen und Unterstützung des IT-Bereiches. Die daraus resultierenden, autonom entwickelten Systeme, Prozesse und Organisationseinheiten werden auch als Schatten-IT bezeichnet. Die Schatten-IT Problematik ist kein neues Phänomen in den Unternehmen, jedoch sind Themen wie IT-Service Management, Compliance und Risikomanagement Treiber für die Auseinandersetzung mit dem Thema. Darüber hinaus können die Sozialisation jüngerer Mitarbeiter mit Informationstechnologie und neue Technologien wie Cloud Computing zu einem Wachstum von Schatten-IT führen. Aus dem Vorhandensein von Schatten-IT ergeben sich für die Unternehmen einige Problemstellungen beispielsweise im Hinblick auf Unternehmensrisiken, aber auch Chancen in der Umsetzung von Innovationen. Jedoch gibt es derzeit keine zusammenhängende und detaillierte Beschreibung des Phänomens selbst oder spezifische Methoden zum Umgang mit Schatten-IT. Diese Lücke soll mit dem beantragten Projekt geschlossen werden. Auf Basis der Ergebnisse dieses Projektes soll es Unternehmen dann möglich sein, ein in sich geschlossenes Methodenset zur Steuerung der Schatten-IT einzusetzen, um so die Risiken zu minimieren und die Effizienz der IT-Leistungserstellung zu sichern. Das Projekt hat dementsprechend zwei Themenschwerpunkte: erstens die Beschreibung und Kausalanalyse der Schatten-IT und zweitens die Entwicklung von Methoden für Unternehmen zur Erhebung, Bewertung sowie Steuerung der Schatten-IT.

Prof. Dr. Marco Mevius, Prof. Dr. Christopher Rentrop

Tel.: +49 (0)7531 206-515

E-Mail: marco.mevius@htwg-konstanz.de

ENTWURF, IMPLEMENTIERUNG UND TEST VON SOFTWARE-KOMPONENTEN FÜR EIN WEBPORTAL

Die kundenbezogene Erfassung und Speicherung des Strom-, Gas-, Wasser- und Wärmeverbrauchs in einer zentralen Datenbank erfolgen durch ein Smart Metering-System über das Internet. Über das Smart Metering-Kundenportal können die Kunden dann ihren jeweiligen Verbrauch tageszeitgenau in Form verschiedener Diagramme visualisieren und somit auch den Verbrauch einzelner Geräte erfassen. Zusätzlich können sie sich eine monatliche Verbrauchs- und Kostenübersicht über den Strom-, Gas-, Wasser- und Wärmeverbrauch erstellen lassen. Anhand der archivierten Verbrauchs- und Kostenübersichten bietet das Kundenportal die Möglichkeit, Verbrauchs- und Kostenstatistiken zu erstellen, die dem Kunden Auskunft über seine Verbrauchs- und Kostenentwicklung geben. Darüber hinaus wird vom Kundenportal zwischen Verbrauchern und Erzeugern wie z.B. Photovoltaik-Anlagen, die Strom erzeugen, und BHKWs, die Strom und Wärme erzeugen, unterschieden. Damit erhält der Kunde z.B. auch einen aktuellen Überblick über den von ihm erzeugten und ins Netz des Versorgers eingespeisten Strom bzw. Wärmemenge.

Prof. Dr. Reinhard Nürnberg

Tel.: +49 (0)7531 206-645

E-Mail: nuernberg@htwg-konstanz.de

ENTWICKLUNG EINES TECHNOLOGISCH VÖLLIG NEUEN, BIOMETRISCHEN GANZKÖRPER-ERKENNUNGSSYSTEMS AUF BASIS BERÜHRUNGSLOS, DYNAMISCH ERFASSTER 3D-SIGNATUREN

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines technologisch neuen, biometrischen Ganzkörper-Erkennungssystems auf Basis berührungslos, dynamisch erfasster 3D-Signaturen. Es gibt heute keine Erkennungssysteme, die in der Lage sind, Objekte oder Personen berührungslos, dynamisch und in 3D abzubilden und sie mit einem hohen Identifikationsgrad mit vorhandenen 3D-Datensätzen zu vergleichen. Daher planen Procon und Uni Kaiserslautern die Entwicklung eines Systems zur Erfassung eines 3D-Images, eines Systems zur Kompression der erfassten 3D-Daten, eines Verfahrens zur Darstellung der Qualität des Identifikationsgrades anhand physiologischer Merkmale und eines 3D-basierenden Zugangskontrollsystems. Bei Erfolg des Projektes können wesentliche Vorteile gegenüber dem Stand der Technik erzielt werden, wie eine berührungslose Sensorik zur Erfassung von vergleichbaren biometrischen 3D-Daten unter dynamischen Voraussetzungen, eine hohe Identifikationssicherheit auch unter Berücksichtigung optischer Veränderungen.

Prof. Dr. Georg Umlauf

Tel.: +49 (0)7531 206-451

E-Mail: umlauf@htwg-konstanz.de

LASERUNTERSTÜTZTE CAD-KONSTRUKTION

Im Auto-, Modell- und Formenbau sowie in der Computergrafik werden CAD-Modelle für den Prototypenbau, für Simulationen oder die spätere Fertigung von Werkstücken und virtuellen Objekten in einem



dreistufigen Verfahren konstruiert. Zuerst wird ein physikalisches Modell ohne Funktionalität (z.B. ein Tonmodell) gebaut, mit verschiedensten Digitalisierverfahren in fein aufgelöste 3D-Punkte-Datensätze überführt und anschließend im Wesentlichen von Hand in ein CAD-Modell konvertiert. Dieser Reverse-Engineering-Prozess ist sehr zeit- und kostenintensiv. In den letzten Jahren haben sich zur Digitalisierung Laser-Scanner etabliert, die manuell über das zu digitalisierende Objekt geführt werden und in kürzester Zeit mehrere Millionen 3D-Punkte vermessen können (ca. 20.000/sec). Mit Hilfe geeigneter online Triangulierungsmethoden, die den gemessenen Punktdatenstrom in Echtzeit verarbeiten, kann die Digitalisierung erheblich vereinfacht und verkürzt werden. Ziel des Forschungsprojektes ist es, während des Scanvorgangs nicht nur die Punkt-Daten, sondern auch gleichzeitig die Konvertierung zum CAD-Modell zu erzeugen. Ein solches Verfahren dient zur online-CAD-Konstruktion mit Hilfe eines Laserscanners im Reverse-Engineering, das auch zur Erzeugung von Varianten eingesetzt werden kann. Durch eine solche lasergesteuerte Konstruktion können aufwendige, manuelle Nachkonstruktionen automatisiert und in Echtzeit durchgeführt werden.

Prof. Dr. Georg Umlauf

Tel.: +49 (0)7531 206-451

E-Mail: umlauf@htwg-konstanz.de

MOBILE MULTIMEDIALE MULTILIEFERANTEN-VERTRIEBS- INFORMATIONSSYSTEME – M3V

Das M3V-Projekt (Mobile Multimediale Multilieferanten-Vertriebsinformationssysteme) zielt darauf ab, durch ein sicheres herstellerübergreifendes Informationssystem für Handelsvertreter die Erschließung von nationalen und internationalen Märkten für kleinere und mittelständische Unternehmen zu fördern.

Hintergrund und Anwendungsperspektive für M3V ist, dass viele kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) über kein eigenes Vertriebsnetz verfügen. Aus diesem Grund müssen sie, vor allem auch im Ausland, mit einem Partnernetz arbeiten, das meist aus kleinen Unternehmen oder selbstständigen Handelsvertretern besteht. Diese Vertriebspartner sind i.d.R. jedoch keine exklusiven Partner, d.h. sie vertreiben nicht nur die Produkte der KMUs, sondern auch Produkte anderer Hersteller. Für diese Konstellation des Vertriebs besteht heutzutage, auch aufgrund der geringen Größe der beteiligten Partner keine durchgängige mobile Vertriebsunterstützung.

In M3V wird eine mobile Plattform, basierend auf offenen Standards, entwickelt, die eine durchgängige mobile Unterstützung der gesamten Wertschöpfungskette von den Herstellern bis zum selbstständigen Handelsvertreter vor Ort bereit stellt. Besondere Herausforderungen sind dabei die Integration der unterschiedlichen Prozesse, Daten und Systeme sowie die Gewährleistung der Sicherheit, die notwendig ist, um Vertrauen bei den Nutzern (insbesondere den Herstellern) zu schaffen.

Dabei werden sowohl der Zugriff auf multimediale Produktdaten berücksichtigt als auch die Erfassung von Aufträgen und die Backend-

Integration unterstützt. M3V wird dafür eine sichere mobile Vertriebsunterstützung konzipieren und umsetzen, die es ermöglicht, schnell und flexibel neue Lieferanten oder Vertriebspartner ohne zusätzlichen Aufwand zu integrieren.

Im Rahmen von M3V entstehen folgende Hauptergebnisse:

- Fachliches Gesamtkonzept (inkl. modellierten Referenzprozessen und Datenmodellen)
- Lauffähiges, integriertes Prototyp-System
- Pilotinstallation und Evaluation
- Einführungsleitfaden mit unterschiedlichen Sichten
- Umsetzbares Betreibermodell und daraus abgeleitete Geschäftsmodelle

Die Anwendbarkeit der entwickelten Lösung wird durch eine Pilotierung und die Integration des CDH e.V. Baden-Württemberg (Wirtschaftsverband für Handelsvermittlung und Vertrieb)

Prof. Dr. Jürgen Wäsch

Tel.: +49 (0)7531 206-502

E-Mail: waesch@htwg-konstanz.de

FAKULTÄT MASCHINENBAU

COMMUNITY OF PRACTICE FOR STRATEGIC MANAGEMENT ARCHITECTURES

Die Community of Practice for Strategic Management Architectures hat zum Ziel, das Verständnis sowie Methoden und Systeme für dynamisches strategisches Management und Führung substantiell und anwendungsorientiert weiterzuentwickeln. Als geschäfts- und anwendungsorientierte Plattform wird CoPS durch Experten und Organisationen aus Industrie und Wissenschaft finanziell und aktiv unterstützt. CoPS folgt der Zielsetzung, die Forschungsergebnisse in der Community der „strategic manager“ zu verbreiten und so eine aktive Austauschplattform für diese zu werden. Zu diesem Zweck wird die Projektarbeit von CoPS durch die regelmäßige Dialogveranstaltung „Strategic Management Perspectives“ ergänzt.

Prof. Dr. Guido Baltes

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: gbaltes@htwg-konstanz.de

IPLANPRO – ENTWICKLUNG EINER GESAMTLÖSUNG FÜR DEN EINSATZ INTEGRIERTER STRATEGISCHER PLANUNG IM TECHNOLOGIENORIENTIERTEN MITTELSTAND

Strategische Kompetenz ist in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) wenig ausgeprägt, strategische Entscheidungen fallen informell und subjektiv – schnell werden so Veränderungen im Umfeld zur Existenzgefährdung. Die Implementierung formalisierter strategischer Planung kann jedoch die Überlebensfähigkeit dieser Unternehmen verbessern – dies kann empirisch insbesondere für Technologieunternehmen gezeigt werden. Großunternehmen haben darauf



reagiert – dort werden integrierte strategische Planungssysteme teilweise genutzt. Die Übertragung auf KMU trifft jedoch auf Barrieren. Übergeordnetes Ziel ist es daher, eine auf KMU abgestimmte Lösung für integrierte strategische Planung zu entwickeln und diese für KMU nutzbar zu machen. Dafür werden bestehende Anwendungshürden adressiert und in einem integrierten Ansatz Aktivitäten des Risikomanagement miteinbezogen. Wissenschaftliches Ziel ist es, durch Übertragung von Erfahrungen aus der Großindustrie organisations- und ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse zur Gestaltung integrierter strategischer Planungslösungen zu gewinnen und damit einen empirisch fundierten Beitrag im konzeptionellen Rahmen der Dynamischen Fähigkeiten zu leisten.

Prof. Dr. Guido Baltes

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: gbaltes@htwg-konstanz.de

ITECHSALES – ENTWICKLUNG EINER GESAMTLÖSUNG ZUM EINSATZ VON SALES KONFIGURATOREN IN MITTELSTÄNDISCHEN UNTERNEHMEN

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind der Motor der Investition und bieten in Europa ca. 65 Millionen Menschen Arbeit. Um so mehr müssen gerade dieser Art von Unternehmen neue Wege hinsichtlich ihrer Expansion geöffnet und so die Schaffung neuer Arbeitsplätze unterstützt werden. Das Ziel des Projektes ist es, die Expansionsfähigkeit von KMU durch neue, effizientere Vertriebswege zu stärken. Dies wird erreicht durch die Entwicklung einer Gesamtlösung, d.h. einer Methode zum Einsatz von Sales Konfiguratoren bei KMU. Für die Methode sind dabei eine angepasste Softwareversion eines Sales Konfigurators und Referenzmodelle für Produktmodellierung sowie optimierte Vertriebsprozesse zu entwickeln. Ein „Sales Konfigurator“ wird dabei verstanden als ein mit dem Vertrieb entwickeltes kunden- und anwendungsorientiertes Modell relevanter Produkte, abgebildet in einer „Vertriebssoftware“, die es dem Vertrieb erlaubt, direkt beim Kunden – ohne detailliertes technisches Wissen – Anforderungen zu erfassen und daraus auf Basis einer passenden Produktkonfiguration Angebote zu erstellen.

Durch diese Methode könnte für den Mittelstand organisches Wachstum mit weniger Finanzierungs-/Zeitaufwand, höhere vertriebliche Reaktionsfähigkeit (vor allem schnellere und breitere Einführung von Produktinnovationen) und Risiko-Reduzierung bei vertrieblicher Expansion ins Ausland erreicht werden. Das wissenschaftliche Ziel des Projektes ist es, ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse zum Bau von Vertriebskonfiguratoren für den Mittelstand durch Übertragung von Erfahrungen/Technologien aus Einzelfällen in der Großindustrie zu gewinnen und darauf basierend einen empirisch fundierten Beitrag zur Weiterentwicklung des konzeptionellen Rahmens der dynamischen Fähigkeiten („Dynamic Capabilities“) zu leisten. In diesem Sinne strebt das Projekt einen fokussierten wissenschaftlichen Beitrag zum besseren Verständnis von Koordinationsmechanismen an der Schnittstelle

zwischen Marketing und Vertrieb auf der einen und den technischen Bereichen von Forschung, Entwicklung und Arbeitsplanung auf der anderen Seite an.

Prof. Dr. Guido Baltes

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: gbaltes@htwg-konstanz.de

DEMONSTRATION EINER HOCHGENAUEN OPTISCHEN ABSTANDS- UND WINKELMETROLOGIE ZUR DRALLFREIEN LAGEREGLUNG VON SATELLITEN

In Zusammenarbeit mit der Firma EADS Astrium GmbH, Friedrichshafen, zweier KMU für Software und Elektronik sowie der Humboldt-Universität zu Berlin und dem Albert-Einstein-Institut Hannover wird ein Forschungsprojekt im Bereich der wissenschaftlichen Raumfahrt durchgeführt. Zukünftige wissenschaftliche Missionen, wie der Gravitationswellendetektor LISA¹, sind auf störfreie Satellitenumgebung angewiesen. Beschleunigungsstörungen werden mit sogenannten inertialen Sensoren – frei fliegenden Prüfmassen – gemessen und der Satellit danach in der Lage drallfrei durch Schubantriebe gestellt. Derzeitige Sensoren basieren auf kapazitiven Messungen, welche ihre fundamentalen Grenzen hinsichtlich der Messauflösung erreicht haben. Für zukünftige Missionen ist jedoch eine weitere Steigerung nötig, die mit kapazitiver Messung nicht erreichbar ist. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines neuartigen, kompakten Messsystems, welches den hohen Anforderungen der LISA-Mission gerecht wird. Die Methode der Laserinterferometrie soll zu diesem Zweck untersucht werden und zum Einsatz kommen. Ein laserbasiertes, optisches Messsystem für die höchstgenaue und berührungslose Abstands- und Winkelmetrologie von Prüfmassen inertialer Sensoren zur drallfreien Lageregelung von wissenschaftlichen Satelliten soll entwickelt und getestet werden.

Prof. Dr. Claus Braxmaier

Tel.: +49 (0)7531 206-348

E-Mail: braxmaier@htwg-konstanz.de

LANGZEITSTABILE OPTISCHE FREQUENZREFERENZ AUF BASIS VON MOLEKULAREM JOD BEI 532 NM

Unter der Leitung der Hochschule Konstanz (HTWG, Institut für Optische Systeme Konstanz (IOS), Prof. Dr. Braxmaier) wird in Kooperation mit der Humboldt-Universität zu Berlin (HUB, AG Quantenoptik und Metrologie, Prof. Peters, Ph.D.) erstmals eine kompakte und thermisch sowie mechanisch hochstabile optische Absolut-Frequenzreferenz, basierend auf molekularem Jod, auf EBB-Level aufgebaut und charakterisiert werden. In laufenden Laborexperimenten zeigen auf Übergänge in molekularem Jod stabilisierte Laser, wie sie auch Teil des LISA breadboarding Projektes (AEI 50OQo601) sind, eine sehr hohe Frequenzstabilität und sollten sich schneller als alle alternativen Konzepte bis zur Einsatzreife für Weltraummissionen entwickeln lassen. Die Wahl der Kooperationspartner führt synergetisch die Expertisen in Wissenschaft und Weltraum-Technologie zusammen und bietet beste Voraussetzungen zur schnellen Realisierung einer flugfähigen

Absolut-Frequenzreferenz, wie sie in einer Vielzahl von zukünftigen Missionen benötigt wird (Navigation & Ranging, Missionen zu fundamentalen Tests (z.B. LISA), zu Geowissenschaften (z.B. GRACE-C) und zu Erdbeobachtung und Astronomie). Ein raumfahrttauglicher optischer Frequenzstandard bei 532 nm ist eine erstrebenswerte Erweiterung für den von Tesat Spacecom entwickelten raumfahrttauglichen Nd:YAG Laser (z.T. DLR kofinanziert) und ermöglicht den zeitnahen Einsatz eines ultrastabilen optischen Oszillators für Raumfahrtmissionen mit einer angestrebten Stabilität von $1 \times 10^{-14} \tau^{-1/2}$ im Bereich von 1 s bis 10.000 s. Untersuchungen an optischen Frequenzreferenzen auf Basis von molekularem Jod an der HUB im Rahmen des LISA breadboarding Projekts haben gezeigt, dass diese eine Frequenzstabilität von 1×10^{-14} im Bereich von 1 s bis 1000 s erreichen. Diese ist hauptsächlich durch die mechanische Instabilität gewöhnlicher Breadboard-Aufbauten limitiert. Eine Verbesserung der mechanischen Stabilität des optischen Aufbaus durch die neue Bonding-Technologie aus Konstanz und von Astrium könnte unmittelbar zu einer Verbesserung der Frequenzstabilität um bis zu einer Größenordnung führen. Dazu soll am IOS Konstanz unter Einbindung von Astrium ein thermisch und mechanisch ultrastabiler und kompakter optischer Aufbau entworfen und gefertigt werden. Hierbei ist eine Realisierung auf EBB-Level (mit EM-Design) das Ziel. Als Strukturmaterial ist Zerodur mit einem CTE von $2 \times 10^{-8} \text{ K}^{-1}$ vorgesehen; die zur Integration der optischen Komponenten notwendige Aufbau- und Verbindungstechnologie wurde in einer Zusammenarbeit der HTWG und der Astrium GmbH im LISA-Kontext entwickelt und in Umwelttests (thermische Beanspruchung, Schock, Vibration) nach ECSS-Standards erfolgreich erprobt. Zur Integration notwendige Justier-Vorrichtungen wurden dabei entwickelt und stehen zur Verfügung. Die Frequenzstabilität des Zerodur-gebundenen Aufbaus soll dann in einer Vergleichsmessung mit einem Referenzlasersystem an der HUB bestimmt werden. An der HUB soll die bestehende optische Frequenzreferenz hinsichtlich ihrer Frequenzstabilität weiter verbessert werden und als Frequenzreferenz für die Bestimmung der Stabilität des Zerodur-gebundenen Setups dienen. Die HUB hat langjährige Erfahrung im Aufbau und in der Charakterisierung von langzeitstabilen optischen Frequenzreferenzen und verfügt über eine Vielzahl verschiedener ultra-stabiler Frequenzreferenzen bei 1064 nm wie optische Resonatoren und eine Jod Frequenzreferenz, die zur Lang- und Kurzzeitstabilitätsbestimmung des hier entwickelten Jodstandards benutzt werden können.

Prof. Dr. Claus Braxmaier

Tel.: +49 (0)7531 206-348

E-Mail: braxmaier@htwg-konstanz.de

OPTISCHE 3-D-MESS- UND DIGITALISIERUNGSSYSTEME FÜR DEN EINSATZ IM MASCHINENBAU

Haupteinsatzgebiet der optischen 3D-Messtechnik und Digitalisierung (Topometrie) an und von Objekten ist die Ist-Zustandsprüfung geometrischer Merkmale, v.a. zur Qualitätssicherung (QS). Beispiele im Maschinenbau sind die großflächige berührungslose Überprüfung

von Topografien (z.B. in der Automobilindustrie) oder in der Fertigungsmesstechnik die Digitalisierung von Freiformflächen. Ziel ist dabei der Vergleich der digitalisierten Ist-Daten mit den dazugehörigen CAD-Daten. Darüber hinaus sind Systeme wünschenswert, welche zusätzlich in real-time arbeiten. Mit der Zahl der Anwendungen und der Komplexität der Objektgeometrien steigen auch die Anforderungen an das Messsystem. Hauptanforderungen an 3D-Systeme sind neben erreichbarer Auflösung, großflächige Erfassung, mechanische Stabilität, Robustheit, Störunanfälligkeit (v.a. beim Einsatz im Fertigungsprozess) und kurze Zeiten zur Verarbeitung der generierten Bilder. Die herkömmliche Technik kommerziell erhältlicher Streifenprojektionssysteme reicht dazu oft nicht mehr aus und muss entweder weiterentwickelt oder durch neue Ansätze substituiert werden. In Kooperation mit dem führenden Hersteller von 3D-Scannern, der Firma Breuckmann GmbH, der Humboldt-Universität zu Berlin und weiteren Unternehmen wird ein parallel arbeitender Lösungsansatz, im Speziellen die Optimierung bestehender Projected-Fringe-Technik-Systeme, sowie die Untersuchung von Methoden zur Echtzeiterfassung verfolgt.

Prof. Dr. Claus Braxmaier

Tel.: +49 (0)7531 206-348

E-Mail: braxmaier@htwg-konstanz.de

PHOTON – PHOTONISCHE VERFAHREN IN NEUEN DIMENSIONEN

Basierend auf neuartigen Möglichkeiten der Miniaturisierung optischer Komponenten und Systeme sollen photonische Verfahren in ihren metrologischen Dimensionen erweitert werden, um neue Anwendungsfelder zu erschließen. Dazu sind ein Forschungsverbund aus sechs Hochschulen und zwei universitären Instituten eingerichtet sowie Schlüsselkompetenzen aus den relevanten Teilgebieten der Photonik zusammengeführt worden. In den beiden thematischen Schwerpunkten „Multidimensionale Mikroskopie“ und „Photonische Sensorik“ werden sieben innovative Projekte bearbeitet. Beispielhaft seien genannt: Einführung neuer tiefenauflösender Methoden in Mikroskopie und Screening an 3D-Zellkulturen und Erweiterung mikroskopischer Verfahren um die Dimension Wellenlänge zu einem multispektralen Imaging sowie Erweiterung optischer 3D-Sensorsysteme um die Dimension Zeit zu Echtzeitsystemen und Einführung neuer Methoden der nicht taktilen Fertigungsmesstechnik zur Erfassung von Materialparametern, wie Oberflächenrauigkeit oder Tiefendefekte.

Prof. Dr. Claus Braxmaier

Tel.: +49 (0)7531 206-348

E-Mail: braxmaier@htwg-konstanz.de

ADAPSEC – INNOVATIVER PERSONENSCHUTZ DURCH ADAPTIVE SICHERHEITSSYSTEME IN KRAFTFAHRZEUGEN

Das Forschungsprojekt hat das Gesamtziel, das Potenzial für die Anwendung von Formgedächtnislegierungen (FGL) im Bereich des Insas-

senschutzes auszuloten und technologisch weiterzuentwickeln, um die Anforderung aus der Praxis abdecken zu können. Konkret sollen für die Produktbereiche Sicherheitsgurt und Airbag die Möglichkeiten für den Einsatz von FGL für adaptiv arbeitende Sicherheitssysteme aufgezeigt werden, wobei neben der thermischen Aktivierung von FGL auch der mechanische Formgedächtniseffekt zum Einsatz kommen soll, der beispielsweise durch seine superelastischen Eigenschaften als Dämpfungselement oder zur Kraftbegrenzung eingesetzt werden könnte.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

ENTWICKLUNG EINES NEUEN VERFAHRENS ZUR HERSTELLUNG VON DEKORATIVEN EDELSTAHL OBERFLÄCHEN MIT VERBESSERTER QUALITÄT, REPRODUZIERBARKEIT UND LANGLEBIGKEIT

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Herstellung dekorativer Edelstahloberflächen mit entscheidenden Verbesserungen in den Eigenschaften Konstanz und Reproduzierbarkeit des optischen Erscheinungsbildes sowie Korrosionsbeständigkeit. Dekorative Edelstahloberflächen mit fein geschliffenem oder auch gebürsteten Finish werden in vielen Anwendungen für Sichtflächen eingesetzt, etwa im Bauwesen bei Fassaden und Fahrstühlen, bei Haushaltsgeräten, verschiedenen Gebrauchsgegenständen und in der Fahrzeugtechnik für Verkleidungen und Zierteile. Dank ihres edlen, metallisch glänzenden Erscheinungsbildes, der praktisch unbegrenzten Langzeitbeständigkeit und weiterer vorteilhafter Eigenschaften haben diese Oberflächen eine sehr weite Verbreitung gefunden und sich seit vielen Jahren bewährt. Entsprechend der großen Bedeutung dieser Oberflächen gibt es von Anwenderseite aber auch zunehmend Anforderungen, die derzeit noch nicht vollständig erfüllt werden und die im Wesentlichen die beiden zuvor genannten Aspekte Konstanz und Reproduzierbarkeit des optischen Erscheinungsbildes sowie Korrosionsbeständigkeit betreffen. Ansatzpunkte für die im Rahmen dieses Projekts vorgesehene Entwicklung von Herstellungsverfahren, die auch diese gesteigerten Anforderungen an dekorative Edelstahloberflächen erfüllen, ergeben sich durch neue Messverfahren und Erkenntnisse zur Charakterisierung von Oberflächen.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

KORRAGO – KORROSIONSVERHALTEN VON METALLISCHEN OBERFLÄCHEN BEI ABGASBEANSPRUCHUNG

Das Projekt beinhaltet die Entwicklung einer geeigneten Prüfmethode für die Bestimmung des Korrosionsverhaltens von metallischen Oberflächen bei einer simulierten Abgasbeanspruchung.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

PRÜFSTANDSENTWICKLUNG UND OPTIMIERUNG DER TRIBOLOGISCHEN EIGENSCHAFTEN BEI MAGNETISCHEN KURZHUBIGEN LINEARANTRIEBEN

Der Einsatz von kurzhubigen magnetischen Linearantrieben wird auch in Zukunft ständig zunehmen. Deshalb ist es notwendig, durch innovative Weiterentwicklung und Optimierung der Produkte die Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer zu steigern und somit die globale Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens weiter zu entwickeln. Gegenstand dieses Forschungsvorhabens ist die Untersuchung von Materialpaarungen und Schichtsystemen auf deren individuelles Reibungs- und Verschleißverhalten. Dazu soll ein Prüfstand entwickelt werden, mit dessen Hilfe es möglich ist, das tribologische System von kurzhubigen magnetischen Linearantrieben möglichst einfach abzubilden. In einem weiteren Projektschritt soll der bestehende Prüfstand so erweitert werden, dass das zu untersuchende tribologische System eines kurzhubigen magnetischen Linearantriebs möglichst realistisch abgebildet werden kann.

Während des Forschungsprojektes sollen unterschiedliche Materialpaarungen und Schichtsysteme in den einzelnen Entwicklungsstufen des Prüfstandes auf dessen Reibungs- und Verschleißverhalten untersucht werden. Die daraus gewonnenen Ergebnisse sollen verwendet werden, um die Reibung in den untersuchten Systemen zu minimieren und somit die Produktqualität zu verbessern.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

SCHADENSFALLANALYSEN UND WERKSTOFFTECHNIK

Neben Schadensfallanalysen an metallischen Bauteilen werden Dienstleistungen auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung und Beratungsleistungen in werkstoffkundlichen Fragen erbracht. Daneben werden Problemstellungen der metallverarbeitenden Industrie in Forschungsaufträgen bearbeitet. Speziell für die stahlverarbeitende Industrie kann auf ein breites Erfahrungspotenzial zurückgegriffen werden. Es können Korrosionsuntersuchungen und Versuche zum tribologischen Verhalten von Werkstoffen durchgeführt werden.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

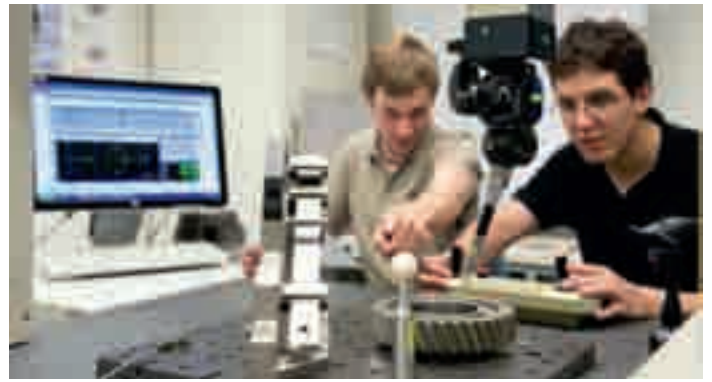
E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

STABICOR – EINFLUSS ERHÖHTER EINSATZTEMPERATUREN AUF DIE VERSCHLEISS- UND KORROSIONSEIGENSCHAFTEN VON RANDGESCHICHTETEN AUSTENITISCHEN STÄHLEN

Im Forschungsprojekt soll eine werkstoffkundliche Lösung für Bauteile aus nichtrostendem Stahl mit hochfester, verschleiß- und korrosionsbeständiger Oberfläche bei erhöhten Temperaturen gefunden werden. Maschinenbauteile und Anlagenkomponenten aus den unterschiedlichsten Bereichen sind im betrieblichen Einsatz häufig gleichzeitig einer hohen Korrosions- und Verschleißbeanspruchung



ausgesetzt, welche die Lebensdauer der Teile vorzeitig begrenzt. Durch diese Begrenzung der Lebensdauer entstehen enorme privat- und volkswirtschaftliche Verluste und es werden Ressourcen unnötigerweise verbraucht. Daher sind große Anstrengungen zur Entwicklung von Technologien zur Reduzierung des Verschleißangriffes erforderlich, ohne dass dabei die Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe leidet. Die oft verwendete Beschichtung von Werkstoffoberflächen kann bei höheren Temperaturen durchaus kritisch sein, da man schlussendlich einen Verbundkörper aus zwei Werkstoffen mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften herstellt und es damit zu Haftungsproblemen kommen kann. Nichtrostende Stähle stellen für sehr viele Einsatzgebiete insgesamt eine sehr gute und nachhaltige Lösung dar und finden aufgrund ihrer guten Korrosionsbeständigkeit ein breites Einsatzgebiet. Ausgehend von der Nachhaltigkeit des Einsatzes von nichtrostenden Stählen werden diese vermehrt in neuen Anwendungsgebieten wie z.B. in der Automobilindustrie und im allgemeinen Maschinenbau eingesetzt; so stieg beispielsweise die Produktion von Niro Stahl weltweit um 16,8 % in 2006 und erreicht damit einen Anteil von mehr als 25 % der gesamten Stahlproduktion. Der guten korrosiven Beständigkeit gegen eine Vielzahl von Chemikalien steht eine nur geringe Verschleißbeständigkeit gegenüber, da diese hochkorrosionsbeständigen austenitischen, ferritischen und/oder Duplexstähle aufgrund des fehlenden Umwandlungsverhaltens nicht härtbar sind. Die mechanischen Eigenschaften der austenitischen nichtrostenden Stähle sind daher gekennzeichnet durch eine nur sehr geringe Härte und Verschleißbeständigkeit unter abrasiven und adhäsiven Beanspruchungsbedingungen sowie eine hohe Neigung zum Kaltverschweißen. Die Härtebarkeit mittels konventioneller thermisch-chemischer Diffusionsverfahren ist eingeschränkt, da durch die Bildung von hochchromhaltigen Ausscheidungen wie Chromnitriden und/oder Chromcarbiden eine Chromverarmung in der Matrix der randnahen Zone erfolgt, die die Korrosionsbeständigkeit schwächt oder sogar eliminiert. Neue Prozesse in der Wärmebehandlung zielen darauf ab, eine Steigerung der Härte und Verbesserung der Verschleißbeständigkeit zu erzielen ohne Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit zu nehmen. Durch Diffusion von Kohlenstoff und/oder Stickstoff kommt es zur Härtesteigerung durch interstitielle Zwangseinlagerung der Fremdatome in der Matrix, verbunden mit der Ausbildung von Druckeigenspannungen. Diese Verfahren kommen bisher bei moderaten Anwendungstemperaturen kommerziell zum Einsatz und bieten die Lösung für eine Vielzahl von Anwendungen vornehmlich in der Lebensmitteltechnik und der chemischen Industrie, also Bereichen, wo es zu chemisch-tribologischen Anforderungen bei Raumtemperatur kommt. Einer Erweiterung des Einsatzgebietes auf höhere Temperaturen steht die Unkenntnis der thermischen Stabilität dieser gehärteten Zone entgegen. Es ist auch nicht bekannt, ob bzw. wie sich die Kombination von Grundwerkstoffzusammensetzung und Oberflächenhärtungsverfahren auf die thermische Stabilität der gehärteten Zone auswirkt. Hier soll mit dem Vorhaben eine Klärung herbeigeführt werden, wobei hier auch die neuen, an strategisch kritischen Legierungs-



elementen wie Nickel und Molybdän ärmeren nichtrostenden Stähle in die Untersuchungen mit einbezogen werden sollen.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

TECHNISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE ALTERNATIVEN ZU DEN KLASSISCHEN NICHTROSTENDEN, AUSTENITISCHEN STÄHLN UNTER ATMOSPHÄRISCHEN EINSATZBEDINGUNGEN

Das Forschungsziel besteht in der systematischen und vergleichenden Eignungsuntersuchung alternativer Werkstofflegierungen im Bereich der nichtrostenden Stähle. Dabei sollen für verschiedene Anwendungsbereiche geeignete Legierungen gefunden werden, die eine ökonomische Alternative zu den bisher üblicherweise eingesetzten Stahlsorten ermöglichen. Als Orientierung für die verschiedenen Anwendungsbereiche soll u.a. die Definition der Widerstandsklassen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.6-3 dienen. Durch die Forschungsarbeiten sollen für die Anwendungsbereiche der Widerstandsklassen II bis IV mögliche Alternativen bereitgestellt werden. Die Widerstandsklasse I bleibt unberücksichtigt, da die dort aufgeführten ferritischen Stähle mit relativ niedrigen Chromgehalten nicht sinnvoll durch Alternativen aus dem Spektrum der nichtrostenden Stähle zu ersetzen sind und die Legierungszuschläge in diesem Bereich mit 200–300 € moderat sind.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

ANLAGEN- UND VERFAHRENTWICKLUNG ZUR SCHONEN- DEN UND ENERGIEEFFIZIENTEN PRODUKTION GETROCKNETER, BIOLOGISCHER GÜTER

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur Trocknung empfindlicher biologischer Güter. Dieses vor allem für die Herstellung von Trockenfrüchten einsetzbare Verfahren soll im Gegensatz zum Stand der Technik erstmals die Temperatur des Trocknungsgutes als Führungsgröße nutzen und somit so effizient als möglich bei geringstmöglichen Qualitätsveränderungen während des Trocknungsprozesses arbeiten. Dadurch sollen sowohl Nachhaltigkeitseffekte durch die effizientere Energieausnutzung als auch signifikante Qualitätsverbesserungen erzielt werden.

Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker

Tel.: +49 (0)7531 206-593

E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

AUFBEREITUNG VON LEBENSMITTELN DURCH WASSER-STRAHLSCHNITT

Früchte oder Gemüse wie Zwiebeln, Knoblauch oder Äpfel müssen vor der Weiterverarbeitung sortiert, geschält und/oder geschnitten werden. Dies geschieht in der Regel von Hand im freien Schnitt, oder durch Zentrifugieren bzw. Hobeln, wobei bei dieser eher handwerklichen Be-



arbeitung eine Kontrolle der hygienischen Verhältnisse meistens gar nicht, bestenfalls nur rudimentär zu verwirklichen ist. Dieser Zustand hat zur Folge, dass die Produkte pasteurisiert oder in anderer geeigneter Weise haltbar gemacht werden müssen, was zu Qualitätsverlusten führt und den Zugang zu lukrativen Märkten einschränkt. Bei diesen Verfahren sind die Verluste erheblich und in erster Linie von der Sorgfalt des Personals und der Verfahrensführung abhängig. Eine Automatisierung des Schneideprozesses trägt also wesentlich dazu bei, die Qualität der Produkte zu erhöhen. Weiterhin sind Produkte denkbar, die zur Zeit nicht oder nur unwirtschaftlich hergestellt werden können, z. B. individuell geschnittene Produkte. Es wird angestrebt, die Lebensmittel im Schneideprozess entsprechend ihrer individuellen Anatomie zu behandeln. Dazu wird im ersten Verfahrensschritt die Form der Lebensmittel digital aufgenommen und ausgewertet, um die Lage des optimalen Schnittes (oder bei komplexeren Geometrien die optimale Lage aller notwendigen Schnitte) zu ermitteln. Das Ausgangsmaterial wird vereinzelt und in einer geeigneten Vorrichtung mit einem digitalen Bildaufnahmegerät (Kamera, Scanner) erfasst. Aus der Grundlage dieser Bilder entsteht unter Berücksichtigung der Brennebene der Kamera und der digitalen Ermittlung der Kontur ein digitales Modell der Außenkontur des Agrarproduktes. Die räumliche Lage der Schnitte kann entsprechend der Optimierungskriterien ermittelt werden. Auch das Entfernen von Fruchtteilen, die zum Genuss nicht geeignet sind, wie z. B. Steine, Kerne o. ä., können so von den verwertbaren Fruchtteilen abgetrennt werden. Entsprechendes gilt für das Schneiden des Ausgangsmaterials in Stücke gewünschter Geometrie (Scheiben, Würfel, Ringe etc.) Die Schnitte sollen mit einem Hochdruckwasserstrahl ausgeführt werden, einer Technologie, die aus der Fertigungstechnik, insbesondere beim Schneiden von Blechmaterialien und Kunststoffen, bekannt ist. Es wird erwartet, dass durch den Einsatz der zu entwickelnden Spezialelektronik das Verfahren so gestaltet werden kann, dass ein Druck von weniger als 1000 bar ausreichend sein wird, wodurch die Investitionskosten und das Verletzungsrisiko deutlich gesenkt werden können. Die prinzipielle Funktionsfähigkeit des Verfahrens ist experimentell nachgewiesen.

Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker
Tel.: +49 (0)7531 206-593
E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

TROCKNUNGSTECHNIK

Ermittlung der physikalischen Grundlagen der Trocknung biologischer Güter unter Bestimmung der Transportkoeffizienten bei der thermischen Beaufschlagung von landwirtschaftlichen Produkten.

Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker
Tel.: +49 (0)7531 206-593
E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

EMISSIONSARMER ELEKTROADLADER

Mobile Radlader sind aktuell durchgängig mit Dieselmotoren und hydraulischen Komponenten ausgestattet. Diese Motoren belasten die

Umgebung mit Abgasen und einem hohen Schallpegel. Dieses Antriebsprinzip setzt zudem voraus, dass der Dieselmotor zum Antrieb der Hydraulikkomponenten permanent laufen muss. Das Ziel des Projektes ist es, den Dieselmotor vollständig durch dezentrale energieeffiziente Elektroantriebe zu ersetzen. Die wesentlichen Teile sind dabei vier permanenterregte Synchronmotoren als Radnabenmotoren mit elektrischer Bremse und der Möglichkeit zur Rückgewinnung der Bremsenergie, eine elektromechanische Lenkung und eine elektrisch angetriebene Hydraulikpumpe für das Heben und Senken sowie das Kippen der Schaufel. Mit den elektromotorischen Antrieben sollen eine deutliche Reduzierung der Geräuschemissionen im Vergleich zum Dieselantrieb und die Vermeidung von Abgasemissionen vor Ort erreicht werden.

Prof. Dr. Uwe Kosiedowski
Tel.: +49 (0)7531 206-721
E-Mail: ukosiedo@htwg-konstanz.de

ECO CAR KONSTANZ-ECON

ECON ist eine studentische Initiative der Hochschule Konstanz, die das Ziel verfolgt, ein sparsames, ökologisches Fahrzeug mit großem „Spaßfaktor“ zu entwickeln und zu bauen. Dabei kommt es den Teilnehmern ebenso auf den damit verbundenen Lerneffekt wie auf den abschließenden Bau des Fahrzeugs an. Das Fahrzeug hat im Jahr 2011 an der Challenge Bibendum, einem Wettbewerb für nachhaltige Mobilität, teilgenommen.

Prof. Dr.-Ing. Burkhard Lege
Tel.: +49 (0)7531 206-309
E-Mail: lege@htwg-konstanz.de

BODENSEE-RACING-TEAM: FORMULA-STUDENT-RENNWAGEN

Studenten bauen in Teamarbeit einen einsitzigen Formelrennwagen, um damit bei einem Wettbewerb gegen Teams aus der ganzen Welt anzutreten. Bei der Formula Student gewinnt aber nicht einfach das schnellste Auto, sondern das Team mit dem besten Gesamtpaket aus Konstruktion und Rennperformance, Finanzplanung und Verkaufsargumenten. Der Anspruch der Formula Student ist die Ergänzung des Studiums um intensive Erfahrungen mit Konstruktion und Fertigung sowie mit den wirtschaftlichen Aspekten des Automobilbaus. Im Sinne dieser Zielsetzung sollen die Studenten annehmen, eine Produktionsfirma habe sie engagiert, um einen Prototypen zur Evaluation herzustellen. Zielgruppe ist der nicht-professionelle Wochenendrennfahrer. Dazu muss der Rennwagen beispielsweise sehr gute Fahreigenschaften hinsichtlich Beschleunigung, Bremskraft und Handling aufweisen. Der Monoposto soll wenig kosten, zuverlässig und einfach zu betreiben sein. Zusätzlich wird sein Marktwert durch andere Faktoren wie Ästhetik, Komfort und den Einsatz üblicher Serienteile gesteigert. Die Herausforderung für die Teams besteht darin, einen Prototypen zu konstruieren und zu bauen, der diesen Anforderungen am besten entspricht. Zur Ermittlung des besten Fahrzeugs bewertet zum einen eine Jury aus Experten der Motorsport-, Automobil- und Zulieferindustrie

jede Konstruktion, jeden Kostenplan und jede Verkaufspräsentation im Vergleich zu den konkurrierenden Teams. Zum anderen beweisen die Studenten auf der Rennstrecke in verschiedenen Disziplinen, wie sich ihre selbstgebauten Boliden in der Praxis bewähren.

Prof. Dr. Andreas Lohmberg

Tel.: +49 (0)7531 206-0

E-Mail: kurt.heppler@htwg-konstanz.de

STRÖMUNGSUNTERSUCHUNGEN

Markteinführungsstudie eines Absauggerätes mit verschiedenen Aufstellungsvarianten in realitätsnaher Umgebung. Erstellung eines Berichtes über die Strömungsanalyse bei verschiedenen Aufstellungsarten.

Prof. Dr. Andreas Lohmberg

Tel.: +49 (0)7531 206-229

E-Mail: lohmborg@htwg-konstanz.de

PRODUKTENTWICKLUNG IM BEREICH SPRITZGIESSEN AM BEISPIEL EINES DESIGNPRODUKTES

Es wird ein Substitutionskonzept für ein Spritzgussbauteil entwickelt und im Rahmen einer Serienfertigung umgesetzt. Ausgangspunkt ist eine Aluminiumbauteil, welches durch eine Polyamid-Produkt zu ersetzen ist. Die Produktentwicklung beinhaltet die Entwicklungsschritte: Substitutionskonzept, Bauteilmodellierung, Simulation, Prototypenbau, Werkzeugbau, Optimierung und schließlich die ausgereifte Serienfertigung.

Prof. Dr. Carsten Manz

Tel.: +49 (0)7531 206-292

E-Mail: manz@htwg-konstanz.de

ENERGIEKETTE BRENNSTOFFZELLE

Eine Energiewandlungskette Photovoltaikanlage – Elektrolyseur – Wasserstoffverdichter, Wasserstoffspeicher – Brennstoffzelle nebst einer Überströmeinrichtung zu einem brennstoffzellengetriebenen Boot wird ausgelegt, installiert und behördlich abgenommen.

Prof. Dr. Udo Schelling

Tel.: +49 (0)7531 206-304

E-Mail: schell@htwg-konstanz.de

ABGASEMISSIONEN VON VERBRENNUNGSMOTOREN

Auf dem Gebiet der Optimierung der Abgasemissionen wurden in Zusammenarbeit mit verschiedenen Industriepartnern folgende Forschungsaufgaben durchgeführt: UFOP: Projekt „Biodiesel und Sport-schiffahrt in der Euregio Bodensee“, Iveco: Untersuchungen mit einer mobilen Abgasmessanlage, Bosch: Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Motoroptimierung mit Hilfe einer frei programmierbaren Motorelektronik, MAN: Abgasuntersuchung und Zertifizierung von Dieselmotoren.

Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner

Tel.: +49 (0)7531 206-307

E-Mail: schreiner@htwg-konstanz.de

LABORUNTERSUCHUNGEN ZUR KRAFTSTOFFQUALITÄT AN EINEM RAPSÖL-BHKW

In Kooperation mit der Firma SenerTec GmbH, dem Technologie- und Förderzentrum Straubing sowie dem Lehrstuhl für Technologie Biogener Rohstoffe der TU München wird der Einfluss verschiedener Rapsöl-kraftstoffkomponenten auf das Betriebs- und Emissionsverhalten eines Rapsöl-Blockheizkraftwerkes (BHKW) untersucht. Besonderes Augenmerk gilt dabei den durch Kraftstoffkomponenten verursachten Ablagerungen an innermotorischen Bauteilen und Abgasnachbehandlungskomponenten (Rußfilter).

Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner

Tel.: +49 (0)7531 206-307

E-Mail: schreiner@htwg-konstanz.de

STICKOXID-REDUZIERUNG BEI MINI-BHKW-MOTOREN

Blockheizkraftwerke (Kraft-Wärme-Kopplung) sind die effizienteste Art, mit Kraftstoffenergie umzugehen und einen sehr hohen Wirkungsgrad der Gesamtanlage zu erreichen. Bislang werden BHKWs vor allem in größeren Anlagen eingesetzt. Für den privaten Nutzer bieten sich kleine Anlagen (Mini-BHKWs) an, die die herkömmlichen Öl- oder Gasheizungen von größeren Einfamilien- oder Zweifamilienhäusern ersetzen und gleichzeitig Strom bereitstellen. Der Gesetzgeber unterstützt die Anschaffung von Mini-BHKW-Anlagen statt konventioneller Hausheizungen, indem er sie im Rahmen des Impulsprogramms „Mini-KWK-Anlagen“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit subventioniert. Die SenerTec GmbH in Schweinfurt ist der größte Hersteller von Mini-BHKW-Anlagen in Deutschland. Das Modell „Dachs“ wird mit einer elektrischen Leistung von 5,0 kW–5,5 kW und einer thermischen Leistung von 10,3 kW–12,5 kW angeboten und kann je nach Ausführung mit Heizöl, Biodiesel, Rapsöl, Erdgas oder Flüssiggas betrieben werden. Das Labor für Verbrennungsmotoren an der HTWG Konstanz hat in zwei früheren Forschungsvorhaben zwei dieser Dachs-Motoren untersucht. Es ging dabei um die Frage, welche Mindestqualität ein verwendeter Pflanzenölkraftstoff haben muss, damit der Motor nicht vorzeitig Schaden nimmt und die Betriebssicherheit der Anlage für lange Zeit gewährleistet ist. Gleichzeitig wurde untersucht, wie man im laufenden Betrieb des Motors sich anbahnende Schäden frühzeitig erkennen kann, ohne zusätzliche Sensorik verwenden zu müssen. Der Dachs-Motor ist ein relativ alter direkteinspritzender Einzylindermotor der Fa. Sachs mit einem Entwicklungsstand, der etwa der Euro-1-Gesetzgebung entspricht. Bislang war das nicht problematisch, weil für Mini-BHKW-Anlagen keine Emissionsvorschriften gelten. Es ist aber davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren eine Verschärfung der Vorschriften erfolgen wird. Das kann man daran erkennen, dass der Staat den Zuschuss für die Beschaffung einer privaten Mini-BHKW-Anlage nur gewährt, wenn die aktuellen Grenzwerte der TA-Luft für größere BHKWs eingehalten werden. In seiner heutigen Ausführung kann die dieselmotorische Variante des Dachs-Motors diese Grenzwerte wegen ihrer hohen Stickoxid-Emissionen (NOx) aber nicht erreichen. Die Erdgasvariante hält die



Grenzwerte ein. Allerdings gibt es einen recht großen Markt für die dieselmotorische Variante (Heizöl), weil nicht überall in Deutschland Erdgasleitungen verlegt sind. Gerade in ländlichen Gebieten überlegen sich die Kunden, ob sie eine Heizöl-Heizung oder ein Heizöl-BHKW kaufen sollen. In dem Forschungsprojekt wird untersucht, mit welchen Methoden die Stickoxidemissionen des Heizöl-Dachs-Motors deutlich reduziert werden können, so dass der Dachs in den Genuss der staatlichen Förderung kommt.

Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner

Tel.: +49 (0)7531 206-307

E-Mail: schreiner@htwg-konstanz.de

RTM CAE/CAX

Das Projekt unter Leitung des Karlsruher Instituts für Technologie KIT befasst sich mit dem Aufbau einer durchgängigen CAE/Cax-Kette für das RTM-Verfahren vor dem Hintergrund der Herstellung von Hochleistungsfaserverbundwerkstoffen.

Prof. Dr. Philipp Steibler

Tel.: +49 (0)7531 206-727

E-Mail: philipp.steibler@htwg-konstanz.de

INNOFASER – INNOVATIVE FASERVERBUNDBAUTEILE FÜR NEUE MÄRKTE

InnoFaser steht für die Spitzentechnologie der Innovativen Faserverbundwerkstoffe und bezeichnet die Optimierung der Fertigungstechnologie für faserverstärkte Kunststoffe und deren professioneller Vermarktung. Das Projekt zeigt, dass es dank der engen Zusammenarbeit von Marketing und Produktentwicklung im Leichtbau gelingen kann, neue und attraktive Geschäftsfelder für eine bekannte Technologie zu erschließen. Das Gebiet des Leichtbaus, einer Konstruktionsphilosophie, die maximale Gewichtsersparnis zum Zweck hat, ist sehr modern, denn es liefert einen der Lösungsansätze zum sparsamen Umgang mit den knapper werdenden Ressourcen Werkstoffe und Energie. Ein methodischer Beitrag zum Hightech Marketing schließt eine aktuelle Forschungslücke: Die traditionelle Marktforschung kann die Frage nach neuen, attraktiven Geschäftsfeldern für bekannte Technologien nicht beantworten. Sie kann nicht zeigen, in welchen Märkten welche wirtschaftlich relevanten, latenten Bedürfnisse existieren, die mit der zu vermarktenden Technologie befriedigt werden können. Die Aufgabe lautet, zu einer Technologie die passenden Märkte und Kunden zu finden. Die Gesamtprojektleitung lag bei Prof. Dr.-Ing. Michael Niedermeier, Hochschule Ravensburg Weingarten.

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Winkler

Tel.: +49 (0)7531 206-754

E-Mail: rwinkler@htwg-konstanz.de

FAKULTÄT WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN

WORLD INPUT-OUTPUT DATABASE

Policy makers and societies at large are facing increasingly pressing trade-offs between socio-economic and environmental developments. Increases in production induce growth in the use of non-renewable resources such as fossil fuels, materials, land and water. Furthermore, they generate higher levels of waste and emissions of environmental pollutants. Simultaneously, increasing global integration through international trade and technological developments creates a tension between economic growth and social cohesion. Economic growth and intensified trade seem to be coupled to an increasing inequality between countries as well as between various classes within society. These developments have a global character and any analysis of their causes and effects needs to recognize the dynamic interrelatedness of countries and industries. This project (which started on May 1, 2009 and will run until May 1, 2012) aims to develop databases, accounting frameworks and models to increase our understanding of the above-mentioned phenomena. The core of the database will be a set of harmonized supply and use tables, alongside with data on international trade in goods and services. These two sets of data will be integrated into sets of intercountry input-output tables. Taken together with extensive satellite accounts with environmental and socio-economic indicators, these industry-level data provide the necessary input to several types of models that can be used to evaluate policies aimed at striking a suitable balance between growth, environmental degradation and inequality across the world.

Prof. Dr. Jörg Beutel

E-Mail: beutel@htwg-konstanz.de

MANAGEMENT, KULTUR UND KOMMUNIKATION IM INTERNATIONALEN WIRTSCHAFTSLEBEN

Grenzüberschreitende Kommunikations- und Kooperationsprozesse in der Wirtschaft sind Gegenstand dieses Projektes. Ziele eines der Teilprojekte sind es, erstens Erkenntnisse über die Form und insbesondere über die von Beteiligten und Beobachtern wahrgenommenen Schwierigkeiten der Interaktion in der Wirtschaft zu gewinnen; und zweitens rezipierte, teilweise nicht ausreichend kritisch tradierte Einsichten und Ansichten über die Interaktion im internationalen Wirtschaftsleben kritisch zu überprüfen. Ein weiteres Teilprojekt beschäftigt sich mit den Auswirkungen von grenzüberschreitenden Fusionen auf Kommunikations- und Kooperationsprozesse. Es untersucht die Managementkommunikation auf den höchsten Führungsebenen zwischen einem nordamerikanischen Konzern und einer deutschen Tochtergesellschaft und zwischen derselben deutschen Firma und einer französischen Schwestergesellschaft. Dabei wird eine Vielzahl an Daten über die Sprache, Form, Medium, Funktion und Schwierigkeiten aus

deutscher Sicht der erlebten Kommunikation erhoben. Auf dieser Grundlage werden Konzepte zur Optimierung der Kommunikation und Kooperation entwickelt.

Prof. Peter Franklin

Tel.: +49 (0)7531 206-396

E-Mail: franklin@htwg-konstanz.de

ANTI-FRAUD MANAGEMENT IM MITTELSTAND

Das Forschungsprojekt „Anti-Fraud Management im Mittelstand“ fokussiert die Untersuchung der Corporate Governance und besonders der Compliance in mittelständischen und Familienunternehmen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Managementmodells zur nachhaltigen Unternehmensführung von mittelständischen Unternehmen, insbesondere zur Risikoreduzierung und Prävention wirtschaftskrimineller Handlungen. Um diesem Ziel gerecht zu werden, werden modulare Bausteine der Corporate Governance im Mittelstand entwickelt, die jeweils differente Risikobereiche (Führungsstrukturen, Ressourcen, Internationalisierungsgrad etc.) adressieren und je nach Ausprägungsform des mittelständischen Unternehmens (eigentümergeführt, fremdgeführt etc.) anforderungsgerecht in einem umfassenden Corporate Governance-Modell kombiniert werden. Zwei Aspekte stehen im Vordergrund des Forschungsprojektes, die parallel abgearbeitet werden: Zum einen wird der Verhaltensaspekt der Compliance betrachtet, der die Motivationsstrukturen von Menschen in Organisationen analysiert und untersucht, durch welche Maßnahmen, Anreize und vor allem Führungsstile etc. diese Motivationsstrukturen so beeinflusst werden können, damit compliancegerechtes Verhalten wahrscheinlich ist. Zum anderen wird der Fokus auf die Operationalisierung der Compliance im Unternehmen, auf das sogenannte Anti-Fraud Management, gelegt. Theoretisch abgearbeitet wird der Forschungsgegenstand an den Ansätzen der Agenturtheorie, der neuen Organisationsökonomik, der Governanceethik, der verhaltenspsychologischen und neuroökonomischen Behavioral Business Ethics, Kriminalitätsmodelle wie die Fraud Triangle und die Theorie der differenzierten Assoziation sowie entlang der aus Interviews mit den Kooperationspartnern gewonnenen Erkenntnissen. Das Forschungsprojekt will einen Beitrag zur Gestaltung wirksamer Anti-Fraud Maßnahmen und damit zur Existenzsicherung und zum Risikomanagement mittelständischer und Familienunternehmen leisten.

Prof. Dr. Stephan Grüninger

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: stephan.grueninger@htwg-konstanz.de

LEITLINIEN FÜR DAS MANAGEMENT VON ORGANISATIONS- UND AUFSICHTSPFLICHTEN

Das Forschungsprojekt hat zum Ziel, die Anforderungen zur Erfüllung der wesentlichen Organisationspflichten (Organisations- und Aufsichtspflichten) bei der Leitung und Überwachung von Unternehmen zu identifizieren, die Prinzipien der dazu erforderlichen Management-Maßnahmen zu untersuchen sowie daraus abgeleitete „Leitfäden

zur Beurteilung der Organisations- und Aufsichtspflichten“ für Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen zu erstellen. Das Projekt ist dazu geeignet, einen für Forschung und Praxis im Bereich der Unternehmensführung und -aufsicht (Corporate Governance) gleichermaßen wesentlichen Beitrag zur Schließung der Lücke zu leisten, die sich zwischen einer Vielzahl rechtlicher Anforderungen – die notwendigerweise mit Hilfe unbestimmter Rechtsbegriffe formuliert sind (hier v.a. Organisationspflicht, Aufsichtspflicht, sonstige Sorgfaltspflicht) – und deren faktischen Interpretation und Umsetzung entsprechender Management-Maßnahmen in Unternehmen auftut. Denn häufig sind weder für die Ausgestaltung von sog. Compliance-Management-Systemen noch für einzelne Rechtsgebiete (Korruption, Kartellrecht, Exportkontrolle, Arbeits- und Sozialstandards etc.) konkrete rechtliche Vorgaben vorhanden. Die u.a. von den Projektleitern in den letzten Jahren erarbeiteten generischen Modelle und Rahmenkonzepte haben zu einer ersten Konkretisierung der Anforderungen an Compliance-Management-Systeme beigetragen. Mit dem geplanten betriebswirtschaftlich-juristischen Forschungsprojekt soll aufbauend auf diesen eigenen und fremden Vorarbeiten untersucht werden, welche Risikofelder im Bereich Compliance besonders relevant sind, wie Compliance-Maßnahmen zur Erfüllung von Organisationspflichten (Aufsichts- und Sorgfaltspflichten) in der Praxis umgesetzt werden, um daraufhin Prinzipien und Leitlinien für die Gestaltung von Compliance-Management-Systemen zur Sicherstellung der Erfüllung von Sorgfalts- und Aufsichtspflichten für Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen zu entwickeln. Hintergrund für diese Vorgehensweise ist, dass auch Staatsanwaltschaften und Gerichte bei einem zu überprüfenden Organisations- und Organverhalten, hier die Verletzung von Organisationspflichten, sich orientieren müssen an solchen Prinzipien und Leitlinien der Umsetzung von Compliance-Maßnahmen bezogen auf die Größe und Komplexität der Organisation. Das Problem für evaluierende Dritte (Richter, aber auch externe Wirtschaftsprüfer, sonstige Gutachter) sowie für Unternehmen selbst ist in diesem Zusammenhang, dass bislang Prinzipien und Leitlinien fehlen, die Orientierung geben, ob die Umsetzung einer Compliance-Maßnahme zum betreffenden Unternehmen passt, damit die Ziele des Compliance-Managements (z.B. Beiträge zur Vermeidung von Verstößen) erreicht werden können (Effektivität der Compliance). Das geplante Forschungsprojekt zielt auf die Realisierung dieses Forschungsdesiderates, damit der Unternehmens- und Rechtspraxis klarere Handlungsorientierungen und Interpretationsleitlinien zu den Anforderungen an Compliance-Maßnahmen (Compliance-Organisation, -Regeln, -Trainings, Hinweismöglichkeiten etc.), unterstützende Strukturen (z.B. Finanzbuchhaltung/Controlling, Interne Revision) und operative Kontrollen (z.B. Segregation of Duties, IT-Berechtigungskonzepte) für Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen gegeben werden können. Eine wesentliche Aufgabe in dem Projekt besteht in der Klassifizierung von unterschiedlichen Compliance-Komplexitätsstufen, in die Unternehmen eingeordnet werden können. Die Komplexitätsstufen werden in

Abhängigkeit von Komplexitätsfaktoren gebildet (z.B. Umsatz, Anzahl der Mitarbeiter bzw. Anzahl der vom Compliance-System direkt betroffenen Mitarbeiter, Branche, Geschäftsmodell [z.B. bzgl. Vertriebswegen], Grad der Internationalisierung bzw. Anteil Auslandsgeschäft am Gesamtumsatz, Geschäftstätigkeit in Ländern mit erhöhtem Risiko zur Non-Compliance, generische Risikoexposition hinsichtlich Compliance-Verstößen [z.B. Korruptionsrisiko], Komplexität der Organisationsstruktur, dezentrale Entscheidungsbefugnisse bzw. Möglichkeiten zentraler Kontrolle, Fehlverhalten/Straftaten in der Vergangenheit). Die Vorgehensweise im geplanten Projekt beinhaltet die folgenden Arbeitsschritte: Risikoorientierte Identifikation von Sorgfaltspflichten durch Befragung von Unternehmen auf der Basis generischer Compliance-Risiken (Auswertung internationaler Literatur, Surveys etc.), Untersuchung der Begriffe Sorgfaltspflicht, Aufsichtspflicht, Organisationspflicht aus ökonomisch-betriebswirtschaftlicher und juristischer Perspektive (Auswertung internationaler Literatur), Entwicklung eines Modells der Compliance-Komplexitätsstufen auf der Basis der o.g. und ggf. weiteren Kriterien, Durchführung von Experteninterviews in ausgewählten Unternehmen zur Aufnahme der Ist-Zustände in Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen sowie die Ableitung von Prinzipien, Leitlinien und Handlungsempfehlungen für die Umsetzung von Compliance-Maßnahmen zur Sicherstellung der Erfüllung von Sorgfalts- und Aufsichtspflichten in Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen. Alle Arbeitsschritte verfolgen einen interdisziplinären Forschungsansatz, wobei die juristische Expertise durch den Kooperationspartner WilmerHale, namentlich Herrn RAuN Dr. Roland Steinmeyer, sichergestellt ist. Praxisbezug und -transfer der Forschungsergebnisse werden durch die Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern ABB AG, BASF SE, Elma Hans Schmidbauer GmbH & Co KG, Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, PFISTERER AG, PricewaterhouseCoopers AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft und Wilmer Cutler Pickering Hale and Dorr LLP (WilmerHale) durch Befragungen und vertiefende Expertengespräche im Rahmen der Erhebung der Angemessenheit und Funktionsfähigkeit zur Erfüllung von Organisationspflichten im Compliance-Management und der Möglichkeit des Benchmarking des eigenen Systems mit den identifizierten Anforderungen an die jeweilige Compliance-Komplexitätsstufe sichergestellt.

Prof. Dr. Stephan Grüninger

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: stephan.grueninger@htwg-konstanz.de

EVALUIERUNG VON AUSWAHLVERFAHREN FÜR AUSLÄNDISCHE STUDIENBEWERBER

Es wird erhoben, wie die Erfolgsquoten ausländischer Studierender in öffentlich finanzierten Studienplätzen an staatlichen Hochschulen sind und wie die Erfolgsquoten verbessert werden können. In einem ersten Schritt werden die bei den Hochschulen vorhandenen Daten über die Studienerfolge ausländischer Studierender an den Fachhochschulen in Baden-Württemberg erhoben. Anschließend wird eine Datenbank mit

den Studienverlaufsdaten ausländischer Studierender der letzten mindestens 10 Jahre angelegt und die Daten werden analysiert. Von Bedeutung sind insbesondere folgende Fragen: Wie ist die Erfolgsquote der in Studienkollegs vorbereiteten Studierenden im Vergleich zu den direkt zugelassenen? Welche Auswahlverfahren sind besonders vorhersagekräftig? Sind spezielle Fachnoten, z.B. in Mathematik, aussagekräftige Indikatoren für den Studienerfolg in bestimmten Fächern? Ein Abschlussbericht fasst die Auswertung zusammen und bewertet alle signifikanten Merkmale. Es werden Vorschläge für eine Optimierung von Studierendenauswahl und Studienvorbereitung unterbreitet. Konkrete Verbesserungen, z.B. durch Überarbeitung von Auswahlverfahren wie dem Aufnahmetest des Studienkollegs, werden veranlasst.

Prof. Dr. Christian Krekeler

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

KOOPERATIVE EINFÜHRUNG FACHSPEZIFISCHER STUDIERFÄHIGKEITSTESTS AN DEN FACHHOCHSCHULEN DES LANDES BADEN-WÜRTTEMBERG

Das Gesetz zur Umsetzung der Föderalismusreform im Hochschulbereich über die Hochschulvergabeverordnung (HVVO) sowie das Hochschulzulassungsgesetz (HZG) für zulassungsbeschränkte Studiengänge fordern ab dem WS 2011/2012 fachspezifische Studierfähigkeitstests (FSFT) oder Auswahlgespräche als verpflichtende Komponente des Zulassungsverfahrens. In dem Kooperationsprojekt zwischen den Hochschulen Esslingen, Karlsruhe, Konstanz, Mannheim, Offenburg, Reutlingen, Rottenburg, Stuttgart HDM und Ulm werden fachspezifische Studierfähigkeitstests entwickelt. An der Hochschule Konstanz werden die Prüfungsteile Deutsch und Englisch entwickelt.

Prof. Dr. Christian Krekeler

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

NETZWERKE FÜR STUDIUM UND BERUF

Mit dem Projekt „Netzwerke für Studium und Beruf“ wird an der Hochschule Konstanz modellhaft eine umfassende Struktur zur Integration ausländischer Studierender geschaffen. Die Netzwerke sollen nach dem Ende des Projekts fortgeschrieben werden und nach der Evaluation anderer Fachhochschulen mit ähnlicher Größe und Struktur als Modell dienen.

Prof. Dr. Christian Krekeler

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

SCHREIBBERATUNG FÜR STUDIUM UND BERUF

An der Hochschule Konstanz wird eine Schreibberatung aufgebaut, umgesetzt und evaluiert. Die Hochschule reagiert damit auf Schwierigkeiten, die Studierende mit Schreibanforderungen im Studium haben. Damit wird zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis beigetragen und die Studierenden werden auf die Schreibanforderungen



im Beruf vorbereitet. Die Schreibberatung nimmt folgende Aufgaben wahr: Kurse für Studierende im akademischen und professionellen Schreiben: Semesterkurse und Blockseminare in der vorlesungsfreien Zeit; individuelle Schreibberatung: Beratung bei Referaten, Präsentationen, Seminar- Haus- und Abschlussarbeiten, Beratung für Abschlusskandidaten, Bewerbungsberatung; Beratung für Lehrkräfte und Mitarbeitende: Hilfe bei der Erstellung fachspezifischer, didaktischer Konzepte zur Begleitung des studentischen Schreibprozesses.

**Prof. Dr. Christian Krekeler, Prof. Dr. Volker Friedrich,
Prof. Dr. Gabriele Thelen**

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

UNTERSUCHUNG DES STUDIENVERLAUFS AUSLÄNDISCHER STUDIERENDER AN FACHHOCHSCHULEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

In diesem Projekt wird ein Verfahren entwickelt und erprobt, mit dem die Erfolgsquote und der Studienverlauf ausländischer Studierender an Fachhochschulen in Baden-Württemberg erhoben werden können. Folgende Arbeitsschritte werden durchgeführt:

- Auswertung der Studienverlaufsdaten und Berechnung der Erfolgsquote und die Analyse des Studienverlaufes.
- Sicherung der Datenkonsistenz bei der Zusammenführung unterschiedlicher Datenquellen auf der Grundlage einer Datenkorrektur und einer dazu geschaffenen Fehlersystematik.
- Entwicklung eines Verfahrens, das die Einbeziehung von Studierenden ermöglicht, die später zu einem begonnenen Studiengang hinzugekommen sind.
- Weiterentwicklung und Erweiterung der EDV-gestützten Lösungen für Datenauswertung und Ergebnisdarstellung.
- Dokumentation der Untersuchung und Auswertung der Untersuchungsergebnisse.

Prof. Dr. Christian Krekeler

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

OPTIMIERUNG VON TOTAL COST OF OWNERSHIP DIENSTLEISTUNGEN IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Produktbegleitende Dienstleistungen werden zukünftig eine weiter steigende Bedeutung für die nachhaltige Entwicklung von Unternehmen haben. Aktuelle Ergebnisse der Dienstleistungsforschung sowie Experteneinschätzungen aus der Praxis zeigen in diesem Zusammenhang, dass produktlebenszyklusorientierte Dienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau – einer technologieintensiven Schlüsselbranche in Baden-Württemberg – oft nur unzureichend angeboten werden. Diese werden jedoch zunehmend von Abnehmerunternehmen nachgefragt. Hieraus resultiert mittelfristig das Problem einer sich verschlechternden Wettbewerbsfähigkeit der oftmals kleinen und mittelständischen Anbieter-Unternehmen. Vor dem Hintergrund

der skizzierten Ausgangslage sollen im Rahmen des geplanten Transferprojektes aus der aktuellen Dienstleistungsforschung produktlebenszyklusorientierte Serviceleistungen im Sinne des Total Cost of Ownership (TCO) bzw. Life Cycle Cost (LCC) Ansatzes entwickelt und in kleinen und mittelständischen Pilotbetrieben des Maschinen- und Anlagenbaus verankert werden. Die Vorgehensweise soll einen Ergebnistransfer auf andere Unternehmen der betrachteten Branche in Baden-Württemberg ermöglichen und damit eine breite Nutzbarkeit sicherstellen. Aus dem Projekt soll ein unmittelbarer Nutzen für die beteiligten Pilotunternehmen durch die kundenorientierte Erweiterung ihres Dienstleistungsangebotes, eine zu erwartende Steigerung des Dienstleistungsumsatzanteils, die nachhaltige Absicherung der Wettbewerbssituation sowie die Erfüllung der zunehmend von Kunden erhobenen Forderung nach LCC/TCO-Angeboten entstehen. Für andere kleine und mittelständische Maschinen-/Anlagenbau-Unternehmen in Baden-Württemberg soll ein Nutzen durch die Möglichkeit der Übernahme der Projektergebnisse auf Basis eines generischen Umsetzungskonzeptes mit Handlungsleitfaden sowie Schulungs-/Workshop- und Transfersystematik entstehen. Die Unternehmen der Kundenbranchen, wie z.B. diejenigen des Automotive-Sektors, haben aufgrund der mit LCC/TCO-Konzepten zu erwartenden Steigerung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit einen entsprechenden Nutzen aus dem Projekt. Durch die Wahl der Projektpartner wird eine abgestimmte Verbreitung der Projektergebnisse sowie deren Nutzbarkeit auch nach Projektende sichergestellt.

Prof. Dr. Stefan Schweiger

Tel.: +49 (0)7531 206-443

E-Mail: schweiger@htwg-konstanz.de

INBOUND AND OUTBOUND TOURISM IN INDIA

Im Rahmen des Projektes wurden Strukturen des Indientourismus nach Deutschland/Europa und Deutschland-/Europatourismus nach Indien qua Primär- und Sekundäranalyse untersucht.

Prof. Dr. Tatjana Thimm

Tel.: +49 (0)7531 206-145

E-Mail: thimm@htwg-konstanz.de

POSITIONIERUNG DER BODENSEEREION

Die Etablierung einer einheitlichen Marke Bodensee und die gemeinsame Positionierung der Bodenseeregion als Tourismusdestination gestaltete sich in den letzten Jahren schwierig. Verantwortlich hierfür sind zum einen strukturelle Ungleichheiten innerhalb der Region, die sich in unterschiedlichen Tourismusintensitäten, unterschiedlichen Gästegruppen und Nachfrageschwerpunkten zeigen. Der Bodensee spielt in den Vermarktungsaktivitäten der einzelnen Teilregionen eine unterschiedlich prägende Rolle; gemeinsame Vermarktungsschwerpunkte, insbesondere für den internationalen Markt, sind unzureichend aufgearbeitet; Qualitätsstandards in Infrastruktur und Angebot sind unterschiedlich entwickelt; die Teilregionen haben ihre Positionierungen unabhängig voneinander vorgenommen. Neben



diesen regionsinternen Hemmnissen sieht sich die Bodenseeregion mit Entwicklungstendenzen konfrontiert, die einem allgemeinen Trend folgen. Hierzu zählen u.a. eine kontinuierliche Abnahme der Aufenthaltsdauer, der Trend zu Zweit- und Drittreisen sowie immer kürzere Buchungsfristen. Diese übergeordneten Trends haben auch erhebliche Auswirkungen auf den Tourismus in der Bodenseeregion. Mit dem Projekt sollen folgende Ziele erreicht werden: 1. Schaffung von Grundlagen für Definition und beispielhafte Ausarbeitung für das Kerngeschäftsmanagement, 2. Einordnung der profilprägenden und bekanntesten Destinationen innerhalb der Gesamtdestination, 3. Schaffung einer abgestimmten Vorgehensweise zwischen den Akteuren. Entwicklung einer gemeinsamen Vision, die identitätsstiftend nach innen und imageprägend nach außen wirkt, insgesamt emotionalisierend, positiv aufgeladen wirkt und gut erinnert wird.

Prof. Dr. Tatjana Thimm

Tel.: +49 (0)7531 206-145

E-Mail: thimm@htwg-konstanz.de

CONSTANCE ACADEMY OF BUSINESS ETHICS

Das Konstanz Institut für WerteManagement (KleM), international führend auf dem Gebiet der Unternehmensethik, und die Fakultät Wirtschaftswissenschaften der Hochschule Konstanz veranstaltet jährlich die „Constance Academy of Business Ethics“. Die Tagung wendet sich an Studierende aller Fachrichtungen aus ganz Europa. Teilnehmer die sich zwei Tage lang intensiv mit dem Thema „Business Ethics and Management Studies“ auseinandersetzen.

Prof. Dr. habil. Josef Wieland

Tel.: +49 (0)7531 206-404

E-Mail: wieland@htwg-konstanz.de

CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY, STAKEHOLDER MANAGEMENT UND NETZWERKGovernance

Gegenstand der Forschungsinitiative ist die Frage, welchen Beitrag Organisationen der Wirtschaft bei der Lösung gesellschaftlicher Aufgaben, die an der Schnittstelle von Politik und Wirtschaft angesiedelt sind, leisten können und sollen. Diese Diskussion wird heute in Europa unter dem Stichwort „Corporate Social Responsibility“ (CSR) geführt. Dabei wird insbesondere die Rolle der Unternehmen in interorganisationalen Netzwerken thematisiert. Ziel des Forschungsvorhabens ist es zu untersuchen, inwieweit und in welcher Hinsicht das neue Phänomen der Netzwerk Governance eine sachlich geeignete und moralisch glaubwürdige Organisationsform ist, das institutionelle Defizit der Globalisierung auszugleichen.

Prof. Dr. habil. Josef Wieland

Tel.: +49 (0)7531 206-404

E-Mail: wieland@htwg-konstanz.de

DIE KULTURELLE GOVERNANCE VON INNOVATIONSNETZWERKEN

Das vorrangige Ziel des Forschungsvorhabens besteht darin, die bislang enggeführte Diskussion über die individuelle und organisationale Kognitionsforschung, die Bildung von erfolgreichen Innovationsnetzwerken und die dazu erforderlichen organisationellen und kulturellen Governanceformen zusammenzuführen und zu integrieren. Innovationen sind in modernen Gesellschaften immer weniger ein Produkt einzelner Individuen oder Organisationen, sondern vielmehr ein Produkt organisierter Kooperation von Individuen und Organisationen in Netzwerken. Im Rahmen des Forschungsprojektes sollen, basierend auf der theoretischen und empirischen Analyse der Mechanismen struktureller Kopplung von Kognition und Innovation in einer von kultureller Diversivität gekennzeichneten Umwelt, effiziente Formen kultureller Governance kollaborativer Partnerschaften in Netzwerken erarbeitet werden.

Prof. Dr. habil. Josef Wieland

Tel.: +49 (0)7531 206-404

E-Mail: wieland@htwg-konstanz.de

EUROPEAN NETWORK OF INTEGRITY & COMPLIANCE OFFICERS

The European Network of Integrity & Compliance Officers (ENICO) has recently been formed in Amsterdam. ENICO is a non-profit association for professionals from commercial, governmental and non-governmental organisations with responsibility for managing their business conduct programs. Over the last few years, there has been a significant increase in the compliance efforts of European-based companies. Although some progress has been made, recent scandals and the current financial crisis highlight the need to improve the management of business conduct. ENICO has been founded to formulate a European voice on integrity and to focus efforts on a more values-based approach which addresses the key drivers of behavior in organisations, thereby going beyond traditional rules and control programs. ENICO will organise working and training sessions, conferences, as well as research.

Prof. Dr. Stephan Grüninger

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: stephan.grueninger@htwg-konstanz.de